



**TUGAS AKHIR - TK145501**

# **PABRIK FORMALDEHID DARI METHANOL DENGAN PROSES SILVER CATALYST**

Ega Erica Alan  
NRP. 2314 030 060

Wahyu Hadi Wijaya  
NRP. 2314 030 074

Dosen Pembimbing  
Ir. Agung Subyakto, MS.

**PROGRAM STUDI DIII TEKNIK KIMIA  
DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA INDUSTRI  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2017**



**FINAL PROJECT - TK145501**

# **FACTORY OF FORMALDEHYDE FROM METHANOL WITH SILVER CATALYST PROCESS**

Ega Erica Alan  
NRP. 2314 030 060

Wahyu Hadi Wijaya  
NRP. 2314 030 074

Lecturer  
Ir. Agung Subyakto , MS.

**STUDY PROGRAM OF DIII CHEMICAL ENGINEERING  
DEPARTMENT OF INDUSTRIAL CHEMICAL ENGINEERING  
Faculty of Vocation  
Sepuluh Nopember Institute Of Technology  
Surabaya  
2017**

# LEMBAR PENGESAHAN

## LAPORAN TUGAS AKHIR DENGAN JUDUL : PABRIK FORMALDEHID DARI METHANOL DENGAN PROSESSILVER CATALYST

### TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat x  
Memperoleh Gelar Ahli Madya  
pada  
Departemen Teknik Kimia Industri  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

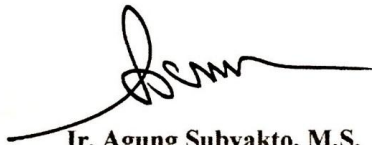
Oleh

Ega Erica Alan  
Wahyu Hadi Wijaya

(NRP 2314 030 060)  
(NRP 2314 030 074)

disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

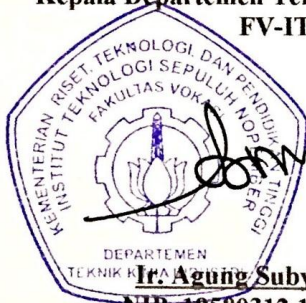
Dosen Pembimbing



**Ir. Agung Subyakto, M.S.**  
**NIP. 19580312 198601 1 001**

Mengetahui,

**Kepala Departemen Teknik Kimia Industri  
FV-ITS**



**Ir. Agung Subyakto, M.S.**  
**NIP. 19580312 198601 1 001**

## LEMBAR REVISI

Telah diperiksa dan disetujui sesuai dengan hasil ujian tugas akhir  
pada tanggal 11 Juli 2017 untuk tugas akhir dengan judul  
"Pabrik Formaldehid Dari Methanol Dengan Proses *Silver Catalyst*", yang disusun oleh :

Ega Erica Alan  
Wahyu Hadi Wijaya

(NRP 2314 030 060)  
(NRP 2314 030 074)

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir :

1. Ir. Sri Murwanti, MT.

2. Ir. Elly Agustiani, M.Eng

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

Ir. Agung Subyakto, M.S.

SURABAYA, 21 JULI 2017

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul ***“Pabrik Formaldehyde dari Methanol dengan Proses Silver catalyst”*** tepat pada waktunya. Tugas akhir ini merupakan syarat kelulusan bagi mahasiswa tahap diploma di Jurusan Teknik Kimia Industri FV-ITS Surabaya.

Selama proses penyusunan laporan tugas akhir ini, penulis banyak sekali mendapat bimbingan, dorongan, saran, serta bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada :

1. Kedua Orang Tua kami serta keluarga atas doa, dorongan, perhatian dan kasih sayang yang selalu diberikan selama ini.
2. Bapak Ir. Agung Subyakto, MS selaku Ketua Program Studi Departemen Teknik Kimia Industri FV-ITS
3. Bapak Ir. Agung Subyakto, MS selaku dosen pembimbing atas kesabaran dan kepedulian yang telah diberikan
4. Ibu Ir. Elly Agustiani, M.Eng selaku dosen penguji Program Studi Departemen Teknik Kimia Industri FV-ITS
5. Ibu Ir. Sri Murwanti, MT selaku dosen penguji Program Studi Departemen Teknik Kimia Industri FV-ITS
6. Ibu Warlinda Eka Triastuti, Ssi, MT selaku koordinator tugas akhir Program Studi Departemen Teknik Kimia Industri FV-ITS
7. Ibu Nurlaili Humaidah ST.MT dan Ibu Ir. Elly Agustiani, M.Eng selaku dosen wali Program Studi Departemen Teknik Kimia Industri FV-ITS
8. Segenap dosen, staff, dan karyawan Program Studi Departemen Teknik Kimia Industri FV-ITS yang turut membantu berjalannya tugas akhir ini
9. Serta teman-teman dan semua pihak yang turut membantu dan mendukung berjalannya tugas akhir ini

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini tidak lepas dari kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun dari pembaca sangat diharapkan. Semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

# **PABRIK FORMALDEHID DARI METHANOL DENGAN PROSES SILVER CATALYST**

Nama Mahasiswa : Ega Erica Alan  
: Wahyu Hadi Wijaya  
NRP : 2314030060  
: 2314030074  
Dosen Pembimbing : Ir agung Subyakto. MS

## **ABSTRAK**

*Indonesia merupakan negara yang sedang berkembang dalam semua aspek termasuk dalam aspek ekonomi. Perkembangan ekonomi Indonesia besar dampaknya terhadap perkembangan industri, khususnya petrokimia. Formaldehyde merupakan salah satu senyawa kimia yang banyak manfaatnya seperti industri plywood, farmasi dan resin. Indonesia yang masih bergantung pada bahan ini dan sedikitnya ekspor serta meningkatnya kebutuhan dunia akan bahan ini merupakan alasan yang cukup kuat untuk mendirikan pabrik ini pada tahun 2022.*

*Proses pembuatan formaldehyde ini ada 5 tahap, yaitu tahap penyimpanan bahan baku, tahap persiapan bahan baku, tahap pembentukan produk, tahap separasi produk serta tahap pemurnian produk. Pembuatan formaldehyde digunakan bahan baku methanol dan udara dengan proses silver catalyst dengan konversi dari bahan baku sebesar 77 % dan yield nya sebesar 92%. Selain itu katalis yang digunakan bertahan berkisar 3 sampai 8 bulan dan katalis tersebut dapat diregenerasi dan dapat digunakan kembali*

*Pabrik ini direncanakan beroperasi secara continous selama 330 hari/tahun dengan basis 24 jam/hari dengan kapasitas sebesar 23000 ton/tahun dengan bahan baku pendukung water process, dan katalis Ag. Kebutuhan utilitasnya adalah air sanitasi, air pendingin, air boiler dan air proses dengan total sebesar 85,26 m<sup>3</sup>/tahun*

**Kata kunci : Methanol, Formaldehid, Silver Catalyst**

# FACTORY OF FORMALDEHYDE FROM METHANOL WITH SILVER CATALYST

Name : 1. Ega Erica Alan 2314 030 060  
2. Wahyu Hadi Wijaya 2314 030 074  
Department : Departement Of Chemical Engineering Industry  
Supervisor : Ir. Agung Subyakto, MS.

## Abstract

*Indonesia is a developing country in all aspects including in the economic aspect. Indonesia's economic development has a major impact on the development of industry, especially petrochemicals. Formaldehyde is one of many useful chemical compounds such as plywood, pharmaceutical and resin industries. Indonesia still dependent on this material and the least exports and the increasing world demand for this material is a strong enough reason to establish this factory in 2022.*

*The process of making this formaldehyde there are 5 stages, namely the storage phase of raw materials, the preparation stage of raw materials, Product formation, product separation step and product purification step. Formaldehyde production is used methanol and air raw material with silver catalyst process with conversion from raw material 77% and its yield is 92%. In addition, the catalyst used remained in the range of 3 to 8 months and the catalyst can be regenerated and reusable*

*The plant is planned to operate continuously for 330 days / year on a 24 hour / day basis with a capacity of 23000 tons / year with raw materials supporting the water process, and Ag catalysts. The utility needs are sanitation, cooling water, boiler water and process water with a total of 85.26 m<sup>3</sup> / year*

**Keywords: Methanol, Formaldehyde, Silver Catalyst**



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b>	
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	
<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b>	
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	i
<b>ABSTRAK</b> .....	iii
<b>ABSTRACT</b> .....	iv
<b>DAFTAR ISI</b> .....	v
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vii
<b>DAFTAR GRAFIK</b> .....	viii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	ix
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
I.1 Latar Belakang .....	I-1
I.2 Dasar Teori .....	I-8
I.3 Kegunaan Tinatrium Fosfat .....	I-9
I.4 Sifat Fisika dan Kimia .....	I-9
<b>BAB II MACAM DAN URAIAN PROSES</b>	
II.1 Macam Proses.....	II-1
II.2 Seleksi Proses .....	II-4
II.3 Uraian Proses Terpilih .....	II-4
<b>BAB III NERACA MASSA</b> .....	III-1
<b>BAB IV NERACA PANAS</b> .....	IV-1
<b>BAB V SPESIFIKASI ALAT</b> .....	V-1
<b>BAB VI UTILITAS</b>	
VI.1 Utilitas Secara Umum .....	VI-1
VI.2 Syarat Kebutuhan Air pada Pabrik Tinatrium Fosfat. ....	VI-2
VI.3 Tahapan Proses Pengolahan Air pada Pabrik Tinatrium Fosfat .....	VI-4
VI.4 Utilitas pada Pabrik Tinatrium Fosfat.....	VI-7
<b>BAB VII KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA</b>	
VII.1 Pendahuluan.....	VII-1
VII.2 Alat Pelindung Diri .....	VII-6
VII.3 Instalasi Pemadam Kebakaran .....	VII-10

VII.4 Keselamatan dan Kesehatan Kerja pada Area Pabrik Tinatrium Fosfat .....	VII-10
<b>BAB VIII INSTRUMENTASI</b>	
VIII.1 Insrumentasi Secara Umum.....	VIII-1
VIII.2 Jenis-jenis Alat Kontrol dalam Bidang Industri .....	VIII-4
VIII.3 Instrumentasi pada Pabrik Tinatrium Fosfat .....	VIII-6
<b>BAB IX PENGOLAHAN LIMBAH INDUSTRI KIMIA....</b>	
<b>BAB X KESIMPULAN.....</b>	
<b>DAFTAR NOTASI.....</b>	xi
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	xii
<b>LAMPIRAN :</b>	
APPENDIX A NERACA MASSA .....	A-1
APPENDIX B NERACA PANAS .....	B-1
APPENDIX C SPESIFIKASI ALAT .....	C-1
Flowsheet Proses Pabrik Formaldehid	
Flowsheet Utilitas Pabrik Formaldehid	

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar I.1</b>	Lokasi Pabrik.....	I-8
<b>Gambar II.1</b>	Diagram Alir <i>Formaldehid</i> dari <i>Methanol</i> dengan Proses <i>Silver Catalyst</i> .....	II-2
<b>Gambar II.2</b>	Diagram Alir <i>Formaldehid</i> dari <i>Methanol</i> dengan Proses <i>Metal Oxide catalyst</i> ....	II-3

## **DAFTAR GRAFIK**

<b>Grafik I.1</b>	Kebutuhan Formaldehid di Indonesia .....	I-5
-------------------	--	-----

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel I.1</b>	Data Impor <i>Formaldehid</i> di Indonesia (Ton/tahun).....	I-4
<b>Tabel I.1</b>	Tabel Pabrik <i>Formaldehid</i> di Luar Negeri Beserta Kapasitasnya .....	I-4
<b>Tabel II.1</b>	Perbandingan Macam-macam Proses Pembuatan <i>Formaldehid</i> .....	I-5

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar I.1</b>	Lokasi Pabrik.....	I-7
<b>Gambar II.1</b>	Diagram Alir <i>Formaldehid</i> dari <i>Methanol</i> dengan Proses <i>Silver Catalyst</i> .....	II-2
<b>Gambar II.2</b>	Diagram Alir <i>Formaldehid</i> dari <i>Methanol</i> dengan Proses <i>Metal Oxide Catalyst</i> ..	II-3

## **DAFTAR GRAFIK**

**Grafik I.1** Kurva Grafik Impor *Formaldehid*.....5

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel I.1</b>	Data Impor <i>Formaldehiddi</i> Indonesia (Ton/tahun) .....	I-4
<b>Tabel I.1</b>	Tabel Pabrik <i>Formaldehiddi</i> Luar Negeri Beserta Kapasitasnya .....	I-5
<b>Tabel II.1</b>	Perbandingan Macam-macam Proses Pembuatan <i>Formaldehid</i> .....	II-4
<b>Tabel III.1</b>	Neraca Massa Pada Vaporizer.....	III-1
<b>Tabel III.2</b>	Neraca Massa Pada Reaktor .....	III-2
<b>Tabel III.3</b>	Neraca Massa Pada Absorber.....	III-3
<b>Tabel III.4</b>	Neraca Massa Pada Kolom Distilasi .....	III-4
<b>Tabel III.5</b>	Neraca Massa Pada Reaktor .....	III-4
<b>Tabel IV.1</b>	Neraca Energi <i>Vaporizer</i> .....	IV-1
<b>Tabel IV.2</b>	Neraca Energi <i>Heater</i> .....	IV-2
<b>Tabel IV.3</b>	Neraca Energi <i>Super Heater</i> .....	IV-3
<b>Tabel IV.4</b>	Neraca Energi <i>Reaktor</i> .....	IV-4
<b>Tabel IV.5</b>	Neraca Energi <i>WHB</i> .....	IV-5
<b>Tabel IV.6</b>	Neraca Energi <i>Cooler</i> .....	IV-6
<b>Tabel IV.7</b>	Neraca Energi Absorber .....	IV-7
<b>Tabel IV.8</b>	Neraca Energi Kolom Distilasi .....	IV-8
<b>Tabel VI.1</b>	Kebutuhan Air Pendingin.....	VI-8
<b>Tabel VI.2</b>	Kebutuhan Air Boiler.....	VI-9
<b>Tabel VIII.1</b>	Sistem Kontrol Pabrik Formaldehid.....	VIII-7



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **I.1 Latar Belakang**

Pada era globalisasi sekarang ini, sektor industri merupakan jalur alternatif yang turut serta berperan terhadap pertumbuhan ekonomi suatu negara. Salah satunya adalah industri kimia, yang diharapkan dapat memberikan kontribusi yang besar bagi pertumbuhan ekonomi negara Indonesia. Karena pada umumnya industri kimia akan mengalami pertumbuhan yang pesat seiring dengan kebutuhan manusia yang semakin meningkat baik dari segi kualitas maupun kuantitasnya. Akan tetapi hal ini belum diikuti dengan kemampuan industri kimia di Indonesia untuk bersaing di pasar dunia dalam pemenuhan kebutuhan dari produk produk dari industri kimia. Guna meningkatkan kualitas dan kuantitas produksi industri kimia di kanca internasional maka proses pengembangan industri kimia di Indonesia perlu di perhatikan. Ketergantungan Indonesia terhadap impor bahan kimia organik masih sangatlah banyak selain itu kebutuhan impor bahan untuk industri *polywood* masih sangatlah di butuhkan. Oleh karena itu industri formaldehida sangatlah dibutuhkan dalam industri dan diharapkan keberadaan pabrik kimia formaldehida bisa membantu pertumbuhan perekonomian Indonesia.

#### **I.1.1 Sejarah Formaldehyde**

Senyawa kimia formaldehida (juga disebut metanal atau formalin) merupakan aldehida dengan rumus kimia  $H_2CO$ , yang berbentuknya gas, atau cair yang dikenal sebagai formalin atau padatan yang dikenal sebagai paraformaldehida atau trioxane. Formaldehida awalnya disintesis oleh kimiawan Rusia Aleksandr Butlerov tahun 1859, tapi diidentifikasi oleh Hoffman tahun 1867. Pada umumnya, formaldehida terbentuk akibat reaksi oksidasi katalitik pada metanol. Formadehyde pertama kali di sintetiskan pada tahun 1859. Ketika Butlerov menghidrolisis metilene asetat dan dicatat sebagai larutan yang menghasilkan bau. Pada 1867 menyimpulkan identifikasi formaldehida yang ia dapatkan dengan



metode mengalirkan uap metanol dan udara di atas platinum spiral yang dipanaskan. Kemudian pada tahun 1882 Kekulé menemukan metode pembuatan formaldehyde murni. Produksi industri formaldehida menjadi mulai berdiri pada tahun 1882, ketika tollens menemukan metode yang mengatur uap methanol antara rasio udara dan dapat mempengaruhi hasil dari reaksi. Pada tahun 1886 Loew merubah metode platinum spiral katalis dengan kasa tembaga yang lebih efisien. Perusahaan Jerman, Mercklin and Losekann, mulai memproduksi dan formaldehida pasar pada skala komersial pada tahun 1889. Perusahaan Jerman lain, Hugo Blank dipatenkan penggunaan pertama dari katalis perak pada tahun 1910. Pengembangan industri terus menerus meningkat pada tahun 1900-1905. Pada tahun 1905, Anilin badische and Soda Fabrik mulai memproduksi formalin dengan proses yang berkesinambungan menggunakan katalis perak. Output formaldehida adalah 30 kg / d dalam bentuk 30% berat solution berair. Metanol diperlukan dalam produksi formaldehida yang semula diperoleh dari industri timber dengan karbonisasi kayu. pengembangan sintesis tekanan tinggi dari metanol yang ditemukan oleh Anilin badische dan Soda Fabrik pada tahun 1925 memungkinkan produksi formaldehida pada skala industri yang benar (*Kirk and Othmer, 1994*).

Formaldehida dalam kadar kecil sekali juga dihasilkan sebagai metabolit kebanyakan organisme, termasuk manusia. Meskipun dalam udara bebas formaldehida berada dalam wujud gas, tetapi bisa larut dalam air (biasanya dijual dalam kadar larutan 37% menggunakan merk dagang 'formalin' atau 'formol' ). Dalam air, formaldehida mengalami polimerisasi dan sedikit sekali yang ada dalam bentuk monomer  $H_2CO$ . Umumnya, larutan ini mengandung beberapa persen metanol untuk membatasi polimerisasinya. Formalin adalah larutan formaldehida dalam air, dengan kadar antara 10%-40%. Meskipun formaldehida menampilkan sifat kimiawi seperti pada umumnya aldehida, senyawa ini lebih reaktif daripada aldehida lainnya. Formaldehida merupakan elektrofil, bisa dipakai dalam reaksi substitusi aromatik



elektrofilik dan senyawa aromatik serta bisa mengalami reaksi adisi elektrofilik dan alkena. Dalam keberadaan katalis basa, formaldehida bisa mengalami reaksi Cannizzaro, menghasilkan asam format dan metanol. Formaldehida bisa membentuk trimer siklik, 1,3,5-trioksana atau polimer linier polioksimetilena. Formasi zat ini menjadikan sifat-sifat gas formaldehida berbeda dari sifat gas ideal, terutama pada tekanan tinggi atau udara dingin (Rista, 2012).

### I.1.2 Alasan Pendirian Pabrik

Sesuai data yang diperoleh di [www.highbeam.com](http://www.highbeam.com) diperkirakan bahwa konsumsi *formaldehyde* di dunia antara tahun 2012 sampai tahun 2018 mencapai kenaikan sekitar 7,5%. Sedangkan di Indonesia Kebutuhan formaldehyde di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 1.1 dan Tabel 1.2 data produksi, konsumsi, ekspor dan impor di Indonesia yaitu sebagai berikut :

**Tabel 1.1** Data Produksi dan Konsumsi *Formaldehyde* di Indonesia (Ton/Tahun)

No.	Tahun	Produksi (Ton/Tahun)	Konsumsi (Ton/Tahun)
1.	2009	246,372	324,740
2.	2010	701,646	146,723
3.	2011	981,247	210,478
4.	2012	181,048	246,708
5.	2013	903,650	946,968

(Sumber : Badan Pusat Statistik, 2016)

**Tabel 1.2** Data Ekspor dan Impor *Formaldehyde* di Indonesia (Ton/Tahun)

No.	Tahun	Kebutuhan (Ton/Tahun)	
		Ekspor	Impor
1.	2010	0	445,077
2.	2011	0	229,231



3.	2012	17,6	83,260
4.	2013	0	43,318
5.	2014	149,4	3,292
6.	2015	55,8	0,015

(Sumber : Badan Pusat Statistik, 2016)

Produk *formaldehyde* di Indonesia dari tahun 2010 hingga tahun 2015 dapat dilihat pada tabel diatas, untuk impor *formaldehyde* di Indonesia dari tahun 2010 sampai dengan tahun 2015 mengalami penurunan. Ekspor *formaldehyde* di Indonesia dari tahun 2010 sampai dengan tahun 2015 mengalami fluktuatif namun cenderung mengalami peningkatan setiap tahunnya. Oleh karena itu, untuk ekspor *formaldehyde* di Indonesia diperkirakan lebih banyak lagi karena produk *formaldehyde* banyak dibutuhkan di Negara lain, misalnya Benua Eropa, yaitu Negara Belgia, Perancis, German, Slovenia, dan Polandia. Data impor Benua Eropa dapat dilihat pada **Tabel 1.3** :

**Tabel 1.3** Data Impor *Formaldehyde* di Benua Eropa

Tahun	Belgia (Ton/Tahun)	Perancis (Ton/Tahun)	German (Ton/Tahun)	Slovenia (Ton/Tahun)	Polandia (Ton/Tahun)
2005	30.851,994	44.540,3	136.796,4	22.862,751	2.820,103
2006	35.081,164	62.019,7	206.990,91	29.714,794	7.334,412
2007	49.401,808	72.433,6	240.671,3	29.008,847	12.164,651
2008	44.500,13	56.087,1	255.700,362	27.134,334	13.569,581
2009	19.111,788	38.079,5	224.235,463	10.797,568	12.307,027
2010	26.869,332	37.289,7	222.594,3	12.586,649	17.225,909
2011	32.657,449	35.588,2	249.444,159	22.180,958	22.843,318

(Sumber : Index Mundi, 2015)

Dari data diatas menunjukkan bahwa kebutuhan *formaldehyde* di Luar Negeri khususnya di Benua Eropa mengalami fluktuatif namun cenderung mengalami peningkatan untuk setiap tahunnya. Hal ini telah diketahui bahwa negara lain



lebih banyak membutuhkan *formaldehyde* daripada Indonesia. Negara tersebut untuk memenuhi kebutuhan *formaldehyde* melakukan impor, salah satunya dari Indonesia. Dengan pertimbangan diatas maka direncanakan pendirian pabrik *formaldehyde* baru di Indonesia untuk memenuhi kebutuhankonsumsi dan industri. Pendirian pabrik ini untuk *supplay* ke negara lain guna penambahan devisa dalam negeri dan diharapkan dapat membuka lapangan pekerjaan baru guna mengurangi pengangguran manusia di Indonesia, serta dapat meningkatkan kuantitas dan kualitas produksi Indonesia di kancah Internasional.

### I.1.3 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku dapat diperoleh dari dalam negeri maupun luar negeri (*import*). Berikut merupakan data perusahaan pemasok bahan baku utama (methanol) di dunia.

Negara	Kapasitas dan Produksi (ributon/tahun)	
	Kapasitas	Produksi
New Zealand	608	595
Atlas(Trinidad) (63,1% interest)	281	234
Titan (Trinidad)	218	185
Egypt (50% interest)	158	50
Medicine Hat (Canada)	140	130
Chile I dan IV	430	10



Geismar I dan II (Louisiana, USA)	-	-
<b>Total</b>	1.835	1.204

(Sumber: [www.methanex.com](http://www.methanex.com))

Sedangkan industri penghasil methanol di Indonesia menurut [www.datacon.co.id](http://www.datacon.co.id) adalah sebagai berikut :

**Tabel 1.4** Data Industri Produsen Methanol Nasional Tahun 2014

<b>Nama Industri</b>	<b>Kapasitas (Ton/Tahun)</b>
Kaltim Methanol Industry	660.000

Dari data yang diperoleh dapat dipastikan bahwa ketersediaan bahan baku sangat menjanjikan untuk keberlanjutan pabrik *formaldehyde* yang akan didirikan.

### **I.1.1 Kebutuhan dan Aspek Pasar**

*Formaldehyde* merupakan salah satu bahan dasar kimia yang sangat penting dan dibutuhkan ribuan industri di seluruh dunia. Khususnya industri yang memproduksi aldehida. *Formaldehyde* jarang bahkan tidak pernah dapat digantikan oleh bahan kimia lain. Secara umum menggantikan bahan *formaldehyde* ini sangat mahal, dan tidak lebih beracun dibandingkan *formaldehyde*. Oleh karena itu pasar baik nasional maupun internasional sangat membutuhkan keberadaan bahan kimia ini. Selain itu, industri *formaldehyde* ini dapat memenuhi permintaan pasar nasional dan internasional sehingga bisamembantu menyetabilkan keuangan negara melalui komoditi ekspor.

### **I.1.2 Kapasitas dan Lokasi Pabrik**



### **I.1.2.1 Penentuan Kapasitas Produksi**

Pendirian pabrik *formaldehyde* sangat diperlukan untuk memenuhi kebutuhan *formaldehyde* Indonesia sendiri. Hal ini dapat dibuktikan dengan data yang diperoleh dari Kementerian Perindustrian Indonesia tahun 2007-2011 mengenai data impor *formaldehyde* yang tercantum dalam Tabel I.1. Salah satu faktor yang harus diperhatikan dalam pendirian suatu pabrik adalah kapasitas produksi. Pabrik *formaldehyde* ini direncanakan akan mulai beroperasi pada tahun 2022, dengan mengacu pada pemenuhan kebutuhan impor serta kebutuhan ekspor.

**Tabel 1.5** Data Industri Produsen *Formaldehyde* Nasional

No.	Nama Perusahaan	Kapasitas (ton/th)
1	PT. Arjuna Utama Kimia	24.540
2	PT. Batu Penggal Chemical Industry	28.000
3	PT. Duta Pertiwi Nusantara	50.000
4	PT. Benua Multi Lestari	68.000
5	PT. Dyno Mugi Indonesia	28.000
6	PT. Gelora Citra Kimia Abadi	48.000
7	PT. Korindo Abadi	15.000



8	PT. Cakram Utama Jaya	10.492
9	PT.Dover Chemical	50.000
10	PT. Intan Wijaya Chemical Industry	61.500
11	PT. Kayu Lapis Indonesia	40.000
12	PT. Korindo Ariabima Sari	15.000
13	PT. Kurnia Kapuas Utama Glue Industries	38.000
14	PT. Lakosta Indah	30.000
15	PT. Nusa Prima Pratama	28.000
16	PT. Palmolite Adhesive Industry	36.000
17	PT. Sabak Indah	45.000
18	PT. Superin	28.000
19	PT. Susel Prima Permai	38.000
20	PT. Uforin Prajen Adhesive	30.000
21	PT. Wiranusa Trisatrya	90.000

**Tabel 1.6** Kebutuhan *Formaldehyde* di Benua Eropa Berdasarkan Data Impor

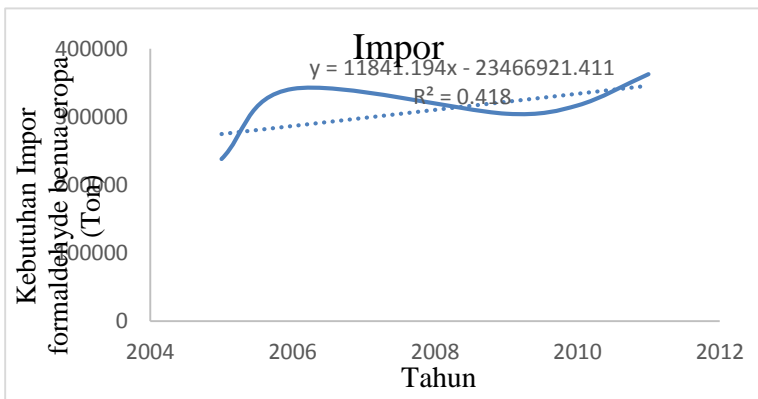




No.	Tahun	Kapasitas (Ton)
1.	2005	237.871,548
2.	2006	341.140,980
3.	2007	403.680,206
4.	2008	396.991,507
5.	2009	304.531,346
6.	2010	316.565,890
7.	2011	362.714,084

(Sumber : Index Mundi, 2015)

Untuk memenuhi kebutuhan *formaldehyde* di Benua Eropa selama ini dipenuhi oleh impor. Kebutuhan *formaldehyde* di Benua Eropa ditunjukkan pada tabel diatas. Dari data tersebut didapatkan kurva grafik yang menunjukkan jumlah *formaldehyde* mengalami fluktuatif namun cenderung mengalami peningkatan. Kurva jumlah impor *formaldehyde* di Benua Eropa ditunjukkan pada **Grafik 1.1** dibawah ini:



**Grafik 1.1** Kebutuhan impor formaldehyde benua Eropa per Tahun.

Dari **Grafik 1.1** didapatkan persamaan regresi linier untuk

Dari prediksi ekspor diatas menunjukkan bahwa pada tahun 2022 kebutuhan tersebut, pabrik direncanakan dapat memenuhi jumlah ekspor yaitu sejumlah 10% dari jumlah ekspor tersebut yaitu sejumlah 50.000 ton/tahun. Untuk dasar penentuan kapasitas produksi didapatkan dengan mempertimbangkan kapasitas produksi *formaldehyde* dari data industri produsen *formaldehyde* di Indonesia yang terdapat **pada Tabel 1.8**. Dari data produksi *formaldehyde* di indonesia maka didapatkan kapasitas industri *formaldehyde* pada tahun 2022 yang ideal adalah 50.000 Ton/tahun. Hal tersebut berdasarkan pertimbangan rata rata produksi industri di indoneisa pertahunnya adalah 38.000. dan kebutuhan impor *formaldehyde* cukup tinggi di daerah asia dan eropa. Maka *formaldehyde* akan di ekspor ke beberapa Negara di asia maupun di eropa. Untuk meningkatkan perekonomian Indonesia di sector industry. Dan sebgiaan akan di pergunakan di dalam negeri.

Lokasi perusahaan merupakan hal yang penting dalam menentukan kelancaran usaha. Kesalahan



pemilihan lokasi pabrik dapat menyebabkan biaya produksi menjadi mahal sehingga tidak ekonomis. Hal-hal yang menjadi pertimbangan dalam menentukan lokasi suatu pabrik meliputi letak pabrik terhadap pasar, letak pabrik terhadap bahan baku, tersedianya tenaga kerja serta tersedianya sarana dan prasarana yang meliputi listrik, air dan jalan raya (transportasi).

. Lokasi yang dipilih untuk pendirian Pabrik *formaldehyde* ini adalah di daerah kota Bontang, Kalimantan Timur. Alasan pemilihan lokasi ini antara lain:

1) Penyediaan bahan baku

Bahan baku pembuatan *formaldehyde* adalah methanol. Kota Bontang, Kalimantan Timur merupakan salah satu tempat PT. Kaltim Methanol yaitu pabrik pemasok bahan baku untuk pabrik *formaldehyde*.

2) Pemasaran Produk

Kota Bontang memiliki 1 bandara, 3 pelabuhan, dan 1 terminal. Letak kota ini yang strategis sangat memudahkan untuk komoditi ekspor maupun pemerataan hasil produksi ke seluruh pabrik di Indonesia yang membutuhkan *formaldehyde*. Selain itu konsumen bahan kimia ini sebagian besar tersebar di daerah Kalimantan, sehingga biaya transportasi yang dibutuhkan akan lebih sedikit.

3) Tenaga Kerja

Bontang merupakan kota industri yang sebagian besar penduduknya merupakan pekerja di industri maupun pertambangan. Menurut data dari BPS (Badan Pusat Statistik) tahun 2014 penduduk di daerah Bontang utara saja sekitar 72.676 jiwa dengan jumlah laki-laki saja sekitar 39.284 jiwa.



#### 4) Penyediaan Air

Bontang merupakan daerah yang dekat dengan laut. Di dalam perencanaan pabrik ini, air diperlukan untuk memenuhi kebutuhan-kebutuhan selama berlangsungnya proses produksi. Air tersebut dipergunakan sebagai air proses, air sanitasi dan air umpan boiler.

### 1.2 Dasar Teori

#### 1.2.1 Macam-macam proses

Senyawa kimia formaldehida (juga disebut metanal, atau formalin), merupakan aldehida dengan rumus kimia  $\text{H}_2\text{CO}$ , yang berbentuknya gas, atau cair yang dikenal sebagai formalin, atau padatan yang dikenal sebagai paraformaldehyde atau trioxane. Ada beberapa jenis proses yang dapat digunakan untuk membuat formaldehida. Proses-proses tersebut (Kirk and Othmer, 1994) :

##### a. *Complete Conversion of Methanol*

*Complete Conversion of Methanol* adalah merupakan salah satu proses dehidrogenasi dan oksidasi dengan katalis perak yang berbentuk kristal. Katalis perak ini dapat diregenerasi setelah 3-4 bulan. Dimana reaksinya terjadi pada suhu sekitar  $680\text{--}720^\circ\text{C}$ , dengan konversi metanol kurang lebih 97-98%. Pada pelaksanaannya proses ini memakai unit-unit proses vapourizer, reaktor dan kolom absorpsi. Awalnya umpan metanol-air masuk secara bersama-sama ke *vapourizer* untuk diuapkan, selanjutnya dilewatkan bed-reaktor yang berisi kristal perak, dimana di reaktor ini terjadi reaksi oksidasi metanol menjadi formaldehida. Kemudian hasil umpan produk keluar reaktor dialirkan ke kolom absorpsi untuk menyerap formaldehida dengan menggunakan pelarut air. Hasil akhir umpan produk keluar kolom adsorpsi mengandung formaldehida sampai 50% (berat) dan *yield* proses 89,5-



90,5% (mol)

b. Proses silver atau perak ( *Silver Catalyst Proses* )

Proses ini hampir sama dengan proses *Complete Conversion of Methanol*. Perbedaannya reaksi di proses ini terjadi pada suhu 590-650°C, dengan konversi methanol 77-87% dan yield 91%-92% mol. Pada pelaksanaannya proses ini memakai unit-unit proses hampir sama dengan proses *complete conversion of methanol* yaitu *vapourizer*, reaktor dan kolom absorpsi. Awalnya umpan metanol-air masuk secara bersama-sama ke evaporator untuk diuapkan, selanjutnya dilewatkan bed-reaktor yang berisi kristal perak. Di reaktor ini terjadi reaksi oksidasi metanol menjadi formaldehida. Kemudian hasil umpan produk keluar reaktor dialirkan ke kolom absorpsi untuk menyerap formaldehida dengan menggunakan pelarut air untuk menjadikan produk formaldehida .

c. Proses Formox ( *Formox Process* )

Proses formox adalah proses pembuatan formaldehida dengan menggunakan metanol dan katalis memakai katalis *Iron Molybdenum Oxide* (katalis oksida besi). Proses ini beroperasi pada suhu 250-290°C, dan tekanan 1-1,5 atm. Awalnya metanol uap dicampur dengan udara dan gas *recycle* kemudian direaksikan dengan katalis *iron-molybdenum oxide* ( $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{MoO}_3\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) dalam sebuah reaktor *fixed bed multitube*. Katalis ini dapat berumur sampai dengan 18 bulan. Konversi yang diperoleh mencapai 98,4% dengan yield formaldehid sekitar 88%-91% mol. Gas yang keluar dari reaktor pada suhu 260°C, didinginkan sampai suhu 70°C sebelum memasuki absorber.



### I.3 Kegunaan

Kegunaan *formaldehide*

dalam industri:

1. Sebagai resin, dapat menghasilkan resin bila direaksikan dengan urea, *melamine*, dan *phenol*. Resin ini akan digunakan pada industri *wood working*, *coating*, *particleboards*.
2. Bahan intermediet untuk proses senyawa kimia lain, seperti 1,4 butanadiol, EDTA, hexameten tetramin.
3. Penggunaan langsung, bisa dijadikan sebagai penghambat korosi, *electroplating* dan *finishing* kaca dalam industri logam, bahan pengawet dan desinfektan dalam dunia kedokteran serta kecantikan.

### I.4 Sifat Fisika dan Kimia

#### 1.4.1 Bahan Baku Utama

Metanol

Sifat Fisis

Rumus Molekul :  $\text{CH}_3\text{OH}$

Wujud : cairan tak berwarna

Berat Molekul : 32,04 g/gmol

*Densitas* pada 25°C : 0,79g/cm<sup>3</sup>

Titik didih (1 atm) : 64,7°C

Titik lebur (1 atm) : -97,68°C

Temperatur kritis : 239,49°C

CE Tekanan kritis : 79,9 atm



---

*Viskositas pada 25°C*

- Cairan : 0,54 cP
- Gas : 0,0097 cP

(Kirk and Othmer,1995)

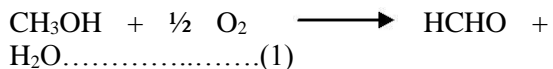
### Sifat Kimia

» Metanol adalah gugus alkohol alifatik yang paling sederhana. Reaktivitasnya ditentukan oleh gugus hidroksil. Reaksi dengan metanol terjadi melalui pecahnya ikatan C-O atau ikatan O-H dan bercirikan reaksi substitusi gugus –H dan –OH (Kirk and Othmer,1995)

» Reaksi metanol yang terjadi :

- 1) Dehidrogenasi dan dehidrogenasi oksidatif dengan katalis

silver/molybdenum oksida membentuk formaldehid



- 2) Karbonilasi dengan katalis kobalt/rhodium membentuk asam

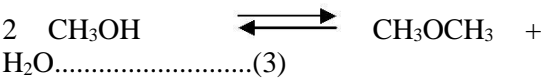
asetat



- 3) Dehidrasi dengan katalis asam membentuk dimethyl



eter dan air



(Kirk  
and  
Othme  
r,1995  
)

2. Udara

(Campuran utama gas N2 dan O2 sebesar 79% dan 21%) menurut

(Mc.Ketta vol. 23), sifat fisika udara adalah sebagai berikut :

Tabel 1.6 Sifat Fisika Udara

Sifat Fisika	N2	O2
Berat Molekul	28	32
Wujud	Gas tidak berwarna	Gas tidak berwarna
Specific gravity	12,5	1,71
Titik Lebur, °C, P = 1 atm	-209,68	-218,4
Titik Didih, °C, P = 1 atm	-195,8	-183
Suhu Kritis, °K	126,2	154,6

1.4.2Bahan Baku Pendukung





1. *Ag(silver)*  
Wujud : padat  
Umur Katalis : 12-18 bulan  
Rumus Molekul: Ag  
Boiling point : 2212°C  
Melting point : 962°C  
Ukuran : ¼ in x ¼ in  
Bulk *density* : 0.5 g/cm<sup>3</sup>  
*theoretical density* : 10.49 g/cm<sup>3</sup>  
solubility : tidak larut dalam air

(MSDS Silver Catalyst)

### 1.4.3 Produk

#### 1.4.3.1 Produk utama

Formaldehida (37 % berat)

##### Sifat Fisis :

- CE Rumus Molekul : HCOH  
CE Wujud : cair  
CE Larut dalam air, alkohol, dan pelarut polar lain  
CE Kelarutan pada 25°C : 10<sup>6</sup> ppm (mol maupun wt)  
CE Berat Molekul : 30,026 g/gmol  
CE Titik didih (1 atm) : -19°C  
CE Titik lebur (1 atm) : -118°C  
CE Temperatur kritis : 137,2-141,2°C  
CE Tekanan kritis : 6,784-6,637 MPa (66,95-65,5 atm)



Ø Densitas pada :  $1 \text{ g/cm}^3$

(Kirk and Othmer, 1994)

Sifat Kimia :

- » Dapat terdekomposisi menjadi CO dan H<sub>2</sub>.
- » Dapat membentuk CH<sub>3</sub>OH melalui proses hidrogenasi.
- » Pada temperatur 80-100°C relatif stabil tetapi perlahan-lahan akan terjadi polimerisasi pada temperatur rendah.
- » Dapat teroksidasi membentuk CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, dan asam formiat. Dapat terkondensasi dengan macam-macam senyawa membentuk turunan methylol dan methylen.

(Kirk and Othmer, 1994)

#### 1.4.3.2 Produk samping

##### 1. *Formic Acid*

Bentuk : *liquid*, bau tajam  
 Berat Molekul : Tidak dapat digunakan

*Boiling point* : 100,67°C

*Melting point* : 8,4°C

*Specific gravity* : 1,21

Kelarutan : Mudah larut dalam aceton, air dingin, air hangat

(*MSDS Formic Acid*)



## BAB II MACAM DAN URAIAN PROSES

### II.1 Macam Proses

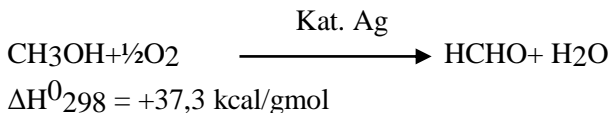
Pada proses pembuatan *formaldehyde* dari methanol dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu proses *silver catalyst* dan proses *metal oxide*. Kedua proses ini memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing.

#### II.1.1 Proses *Silver Catalyst*

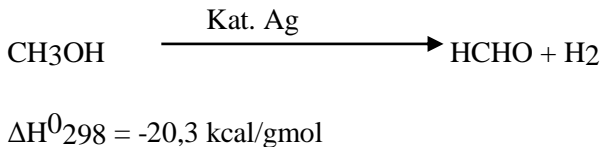
Proses ini menggunakan katalis perak dengan reaktor *fixed bed multitube*. Katalis ini berbentuk kristal-kristal perak atau *spherical* yang ditumpuk pada *tube*. Katalis ini mempunyai umur sekitar 3–8 bulan dan mudah teracuni oleh sulfur dan beberapa logam dari golongan transisi.

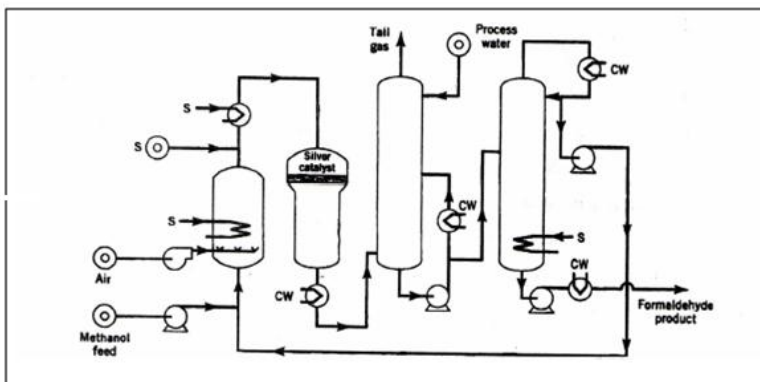
Dalam proses ini *formaldehyde* dihasilkan dari reaksi oksidasi dan reaksi dehidrogenasi.

##### 1. Reaksi Oksidasi



##### 2. Reaksi Dehidrogenasi





**Gambar 2.1** Diagram Alir Pabrik Formalin dengan *Silver Catalyst*

Gambar diatas adalah diagram alir pabrik formalin menggunakan katalis perak. Campuran umpan yang dihasilkan oleh *sparging air* ke kolam methanol yang dipanaskan dan menggabungkan uap dengan *steam*. Campuran melewati superheat exchangerater ke tempat kristal perak atau lapisan kasa perak. Produk ini kemudian didinginkan dengan cepat dalam *steam* generator kemudian dalam *heat exchanger* yang menggunakan air dan diumpankan pada menara absorpsi bagian bawah. Sebagian besar metanol, air, dan *formaldehyde* dikondensasikan pada bagian air pendingin dalam bawah menara dan penghilangan sempurna dari metanol yang tersisa dan *formaldehyde* dari gas sisa terjadi pada bagian atas absorber dengan kontak berlawanan dengan air proses yang bersih. Bagian bawah absorber ke menara distilasi dimana metanol dimanfaatkan kembali untuk daur ulang ke reaktor. Dasar aliran dari distilasi, larutan *formaldehyde*, biasanya dilewatkan ke unit *anion exchanger* yang mengurangi *formic acid* ke tingkat yang spesifik. Produk tersebut mengandung 55% *formaldehyde* dan kurang dari



0,1 % methanol. (*Othmer, Vol 11, hal 238*)

Secara keseluruhan reaksinya adalah reaksi eksotermis dan terjadi pada suhu yang tinggi yaitu  $600^{\circ}\text{C}$  -  $650^{\circ}\text{C}$  dan tekanan atmosfer. Konversi yang terjadi sekitar 65-75 % dan yield yang diperoleh sekitar 89,1%. Pada proses ini udara yang dimurnikan direaksikan dengan methanol dalam reactor katalitik. Produk didinginkan dengan cepat dengan pendinginan dowterm A, selanjutnya dialirkan ke menara absorber dimana methanol, air dan formaldehid terkondensasi di dasar menara. Untuk memurnikan produk sesuai dengan keinginan dilakukan pemurnian dengan proses destilasi. (*Mc Ketta 23, p.356, 1983*)

*Formaldehyde* cair bersifat korosif terhadap baja karbon tetapi tidak dalam fasa uap. Semua bagian dari peralatan manufaktur pembuatan formaldehid panas harus terbuat dari paduan anti korosi seperti *stainless steel* tipe-316. Secara teoritis, reaktor dan seluruh peralatan dapat dibuat dari baja karbon, tetapi dalam prakteknya paduan yang diperlukan pada bagian pabrik untuk melindungi katalis perak yang sensitif dari kontaminasi logam. (*Othmer, Vol 11, hal 238*)

**Tabel II.1 Kelebihan dan kekurangan Proses Silver Catalyst**

Kelebihan	Kekurangan
Tekanan atmosferik	Suhu operasi tinggi ( $600\text{-}650^{\circ}\text{C}$ )
Konsentrasi produk lebih bervariasi karena menggunakan menara destilasi	Memerlukan alat destilasi
Biaya katalis murah	Umur katalis pendek (3-8 bulan)
Mudah diregenerasi	Yieldnya rendah (89,1%)
	Konversinya rendah (65,1%)



### II.1.2 Proses *Metal Oxide*

Oksidasi methanol untuk menghasilkan formaldehyde dengan menggunakan katalis Vanadium Pentoksida pertama kali dipatenkan pada tahun 1921, kemudian pada tahun 1933

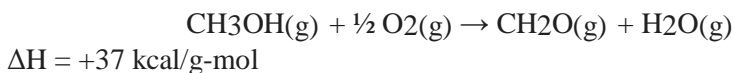
dipatenkan penggunaan katalis Iron Molybdenum yang digunakan

sampai sekarang. Katalis ditingkatkan dengan modifikasi oleh sejumlah kecil oksida lainnya dan metode persiapan dan aktivasi. Pada tahun 1952, pabrik komersial pertama menggunakan katalis Iron Molybdenum pada prosesnya.

Sama seperti proses silver catalyst, semua formaldehyde dibuat dengan reaksi eksotermis pada suhu 300-400<sup>0</sup>C dan tekanan atmosfer. Dengan control suhu yang tepat, konversi methanol lebih besar dari 99% dapat dipertahankan. Produk samping yang dihasilkan adalah carbon monoksida dan dimetil eter, dan sejumlah kecil karbondioksida dan asam format. Hasil pabrik secara keseluruhan adalah 88-91%.

Pada proses metal oxide, digunakan Iron Molybdenum dan

Vanadium Pentoksida sebagai katalis. Proses metal oxide atau yang disebut dengan proses Formox, dapat digambarkan sebagai reaksi oksidasi



Pada range suhu 270-400<sup>0</sup>C, konversi pada tekanan atmosfer hampir sempurna. Tetapi, konversi tergantung suhu karena pada suhu lebih dari 470<sup>0</sup>C reaksi samping meningkat jauh:

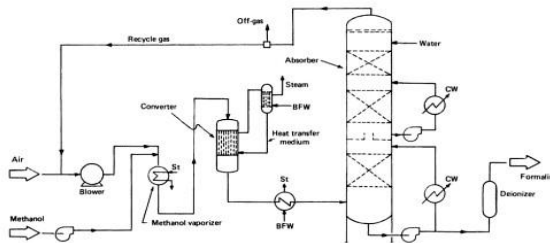


FIG. 7. Flow diagram for formaldehyde manufacture by the mixed oxide catalyst process.

### Gambar 2.2 Diagram Alir Pabrik Formalin dengan *Metal Oxide*

Seperti yang ditunjukkan pada diagram alir di atas, umpan metanol dilewatkan menuju evaporator panas-uap. Udara bersih dan gas daur ulang dari tower absorpsi dicampur, dan bila perlu dipanaskan terlebih dahulu dengan maksud sebagai aliran produk dalam heat exchanger sebelum diumpankan ke dalam evaporator. Umpan gas melewati pipa penuh katalis dalam reaktor penukar panas. Ciri reaktor untuk proses ini memiliki shell dengan diameter kurang lebih 2,5m yang terdapat pipa dengan panjang hanya 1 - 1,5 m. Minyak dengan transfer panas pemanasan tinggi bersirkulasi di luar pipa dan menghilangkan panas reaksi dari katalis dalam pipa. Proses menggunakan udara berlebih dan suhu dikontrol secara isothermal pada kurang lebih  $340^{\circ}\text{C}$ ; *steam* secara simultan dihasilkan pada boiler. Umpan udara-metanol pasti merupakan campuran yang mudah terbakar, tetapi jika kandungan oksigen dikurangi hingga kurang lebih 10% mol dengan menggantikan udara secara parsial dengan udara sisa dari kolom absorpsi, kandungan metanol pada umpan dapat ditingkatkan tanpa membentuk campuran yang eksplosif. Setelah meninggalkan reaktor, gas didinginkan hingga  $110^{\circ}\text{C}$  dalam unit penukar panas dan





dilewatkan pada dasar kolom absorber. Konsentrasi *formaldehde* diatur dengan mengontrol jumlah air proses yang ditambahkan pada puncak kolom. Produk dipisahkan

dari sistem sirkulasi pendinginan air pada dasar kolom absorpsi dan diumpankan melalui unit *anion-exchange* untuk mengurangi kandungan asam format. Produk akhir mengandung hingga 55% berat formaldehida dan 0,5-1 % berat methanol. (*Ullmann vol 15, p.13, 1971*)

Methanol uap dicampur dengan udara dan gas recycle kemudian direaksikan dnegan katalis iron-molybdenum oxide dalam sebuah reactor fixed bed multitube. Konversi yang diperoleh bisa mencapai 98,4% dengan yield formaldehid 94,4% (*Ketta, vol 23, hal 364*)

**Tabel II.2 Kelebihan dan kekurangan Proses Metal Oxide**

Ke	Kekurangan
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Konversinya lebih tinggi (98%)</li> <li>-Suhu lebih rendah dari silver catalyst (300-400<sup>0</sup>C)</li> <li>-Yieldnya lebih tinggi dibanding</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Konsentrasi produk yang dihasilkan kurang bervariasi</li> </ul>



## II.2 Seleksi Proses

Parameter	Silver Catalyst	Metal Oxide
Suhu operasi	600-650 °C	270-400 °C
Tekanan operasi	1,3 atm	1 – 1,5 atm
Konversi	65,1 %	98,4 %
Yield	89,1 %	94,4 %
Katalis	Perak / (3-8 bulan)	Iron Molybdenum / (12-18 bulan)

**Tabel II.3 Perbandingan Kedua Proses Pembuatan Formaldehyde**

Dari kedua proses diatas digunakan proses Silver catalys, dengan pertimbangan:

Konsentrasi produk formaldehid yang dihasilkan bervariasi dari 37%-55% hal ini sesuai dengan kebutuhan yang memerlukan formaldehid dengan konsentrasi tersebut. dapat menghasilkan produk dengan kuantitas yang lebih banyak untuk satuan bahan baku yang sama jika dibandingkan dengan proses metal oxide. Keunggulan yang lain dari proses Silver catalyst antara lain

Biaya katalis yang rendah, sederhana,

Tekanan operasi rendah jika dibandingkan dengan proses metal oxide. Hal ini berkaitan dengan desain peralatan menjadi lebih heat exchanger mat bahan dan system pengamanan yang lebih mudah terkontrol.

## II.3 Uraian Proses Terpilih

Proses pembentukan *formaldehyde* dari methanol dan udara dibagi menjadi tiga tahap, yaitu:

1. Tahap penyiapan bahan baku
2. Tahap pembentukan produk
3. Tahap pemurnian produk

### II.3.1 Tahap penyiapan bahan baku

Tahap penyiapan bahan baku ini bertujuan untuk:

Menguapkan fase methanol menjadi gas di dalam alat vaporizer.



Mengkondisikan temperatur umpan methanol dan oksigen sehingga sesuai dengan kondisi reaktor.

Bahan baku utama berupa methanol dan oksigen. Umpan pertama adalah methanol yang diambil dari tangki penyimpanan pada kondisi cair temperatur  $30^{\circ}\text{C}$  dan tekanan 1 atm. Methanol diumpankan ke dalam vaporizer menggunakan pompa sehingga tekanan umpan methanol naik sampai dengan 1 atm. Pada alat vaporizer, methanol diubah fasenya dari bentuk cair ke dalam bentuk gas pada suhu  $72^{\circ}\text{C}$ . Uap methanol keluaran vaporizer kemudian diumpankan ke HE untuk meningkatkan suhu operasi sebelum berkontak dengan gas umpan dan memasuki reaktor.

Umpan kedua yaitu oksigen yang didapat dari udara lingkungan sekitar. Meskipun yang digunakan hanya oksigen, tidak dilakukan separasi antara oksigen dengan komponen lainnya karena selain sulit dilakukan, komponen lainnya seperti nitrogen dapat dimanfaatkan untuk menyerap panas pada saat di reaktor. Udara ini dilewatkan filter untuk memisahkan debu dan tetes cairan yang ada di udara. Udara dengan tekanan 1 atm dan temperature  $30^{\circ}\text{C}$  diumpankan dengan menggunakan blower .

### II.3.2 Tahap pembentukan produk

Pada tahap ini umpan methanol dan oksigen yang telah dikondisikan akan bereaksi didalam reaktor *fixed bed multitube*. Reaksi oksidasi methanol menghasilkan *formaldehyde* pada reaktor *fixed bed multitube* berlangsung dalam fase gas pada suhu

$600\text{--}650^{\circ}\text{C}$  dan tekanan 1,3 atm. Umpan masuk ke dalam reaktor melalui tube yang berisi katalis. Katalis yang digunakan adalah silver (Ag) yang memiliki masa aktif sampai dengan 3-8 bulan.

Reaksi oksidasi methanol berlangsung secara non isothermal dan non adiabatik. Reaksi oksidasi methanol



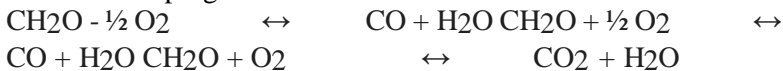
merupakan reaksi eksotermis sehingga selama reaksi berlangsung akan dilepas sejumlah panas. Kenaikan temperatur yang terjadi dalam reaktor sangat tidak diinginkan sehingga dibutuhkan medium pendingin untuk menyerap panas yang terjadi selama reaksi dalam reaktor tersebut berlangsung. Pendingin yang digunakan adalah Downterm A. Pendingin ini akan mempertahankan kondisi operasi reaktor yakni pada suhu 600-650<sup>0</sup>C dan tekanan 1,3 atm.

Berikut adalah reaksi yang terjadi di dalam reaktor

Reaksi utama:



Reaksi samping:



Pada temperatur 600-650<sup>0</sup>C dan tekanan 1,3 atm, konversi methanol bisa mencapai 65%. Temperatur sangat mempengaruhi konversi yang terbentuk. Oleh karena itu, medium pendingin sangat berperan penting untuk mencegah terbentuknya reaksi samping yang tidak diinginkan.

### II.3.3 Tahap pemurnian

produk

Tahap pemurnian produk bertujuan untuk:

Memisahkan H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, dari absorber dan memisahkan methanol melalui menara distilasi

Memisahkan larutan *formadehyde* dari asam formiat untuk diambil sebagai produk. Produk keluaran reaktor harus segera didinginkan untuk menghindari terbentuknya reaksi samping. Pendinginan dilakukan oleh *heat exchanger* hingga suhu 70<sup>0</sup>C sebelum diumpankan ke absorber.

Produk reaktor dimasukkan ke dalam absorber pada suhu

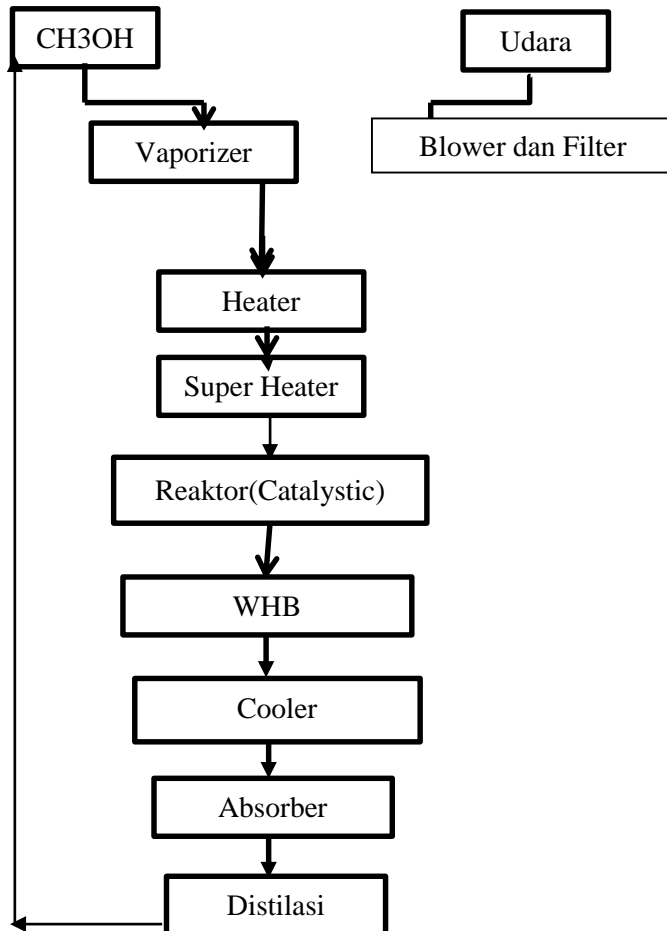
70<sup>0</sup>C dan tekanan 1 atm. Komponen H<sub>2</sub> dan N<sub>2</sub> dipisahkan dari produk reaktor pada alat pemisah absorber dengan pelarut air dengan suhu masuk 70<sup>0</sup>C. Air masuk dan disemprotkan dari



atas absorber. Absorber bekerja berdasarkan sifat kelarutan dimana *formaldehyde* dan methanol akan larut dalam air sedangkan  $H_2$ ,  $N_2$ , tidak larut dalam air. Gas yang tidak terserap oleh absorber akan dibuang. Produk bawah dari absorber yang bersuhu  $65^{\circ}C$ . Produk tersebut kemudian dipompa menuju menara distilasi untuk dipisahkan kandungan methanolnya . Produk bawah dari menara distilasi (*bottom product*) merupakan produk *formaldehyde* dengan kadar 37% yang kemudian dipompakan menuju tangki penyimpanan produk. Sementara untuk produk atas (*distillate*) akan di recycle kembali ke tangki methanol untuk diumpankan kembali ke proses awal



### II.3 Blok Diagram Proses Terpilih





Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

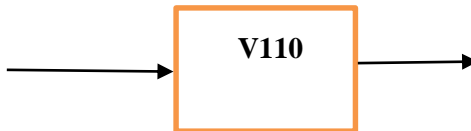
### BAB III NERACA MASSA

Kapasitas produksi : 23000 ton/tahun  
 Operasi : 330 hari/tahun, 24 jam/hari  
 Satuan Massa : Kg  
 Basis Waktu : 1 Jam

Dari basis waktu yang digunakan dapat ditentukan kapasitas produksi perjam adalah 3156,57 Kg/Jam. *Yield* dari proses produksi *formaldehyde* sebesar 94,4 % (*Mc. Ketta*). Dari *yield* didapatkan bahan baku yang masuk adalah 3343,82 Kg/Jam.

#### 1. Alat Vaporizer (V-110)

Kegunaan : Untuk merubah fase methanol dari *liquid* menjadi fase vapor



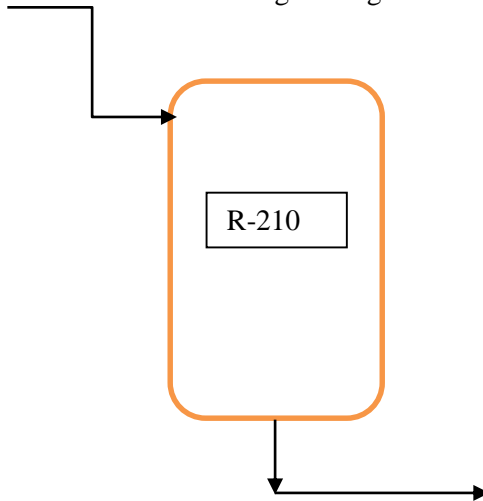
Komponen	Aliran masuk		Aliran keluar	
	Aliran (1)		Aliran (2)	
	Kg	kmol	Kg	kmol
CH <sub>3</sub> OH	1818.821445	56.83817017	1818.821445	56.83817017
H <sub>2</sub> O	18.37193379	0.574122931	18.37193379	0.574122931
total	1837.193379	57.4122931	1837.193379	57.4122931





## 2. Alat Reaktor (R-210)

Kegunaan : Untuk mereaksikan methanol fase *vapor* dan oksigen dengan bantuan katalis *Silver*

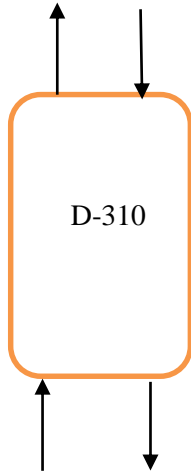


Reaktor				
Komponen	Aliran masuk		Aliran keluar	
	Aliran (3,6)		Aliran (7)	
	kg	kmol	kg	kmol
CH <sub>3</sub> OH	1818.821	56.83817	418.3289	13.07278
N <sub>2</sub>	2902.766	103.6702	2902.766	103.6702
O <sub>2</sub>	771.6212	24.11316	4.151322	0.129729
CO <sub>2</sub>	0	0	92.43251	2.100739
CH <sub>2</sub> O	0	0	1249.94	41.66465
H <sub>2</sub> O	0	0.574123	825.5903	45.86613
total	5493.208	185.1957	5493.208	206.5042



### 3. Alat Absorber (D-310)

Kegunaan : Untuk menyerap  $\text{CH}_3\text{OH}$  dan  $\text{CH}_2\text{O}$  dengan bantuan water proses

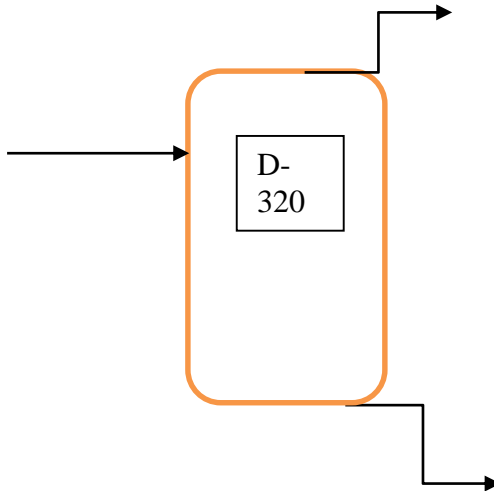


Absorber			
Komponen	Feed (kg)	Terserap (kg)	Lolos (kg)
CH <sub>3</sub> OH	418.32893	414.1456431	4.183289
CH <sub>2</sub> O	1249.9396	1237.440172	12.4994
H <sub>2</sub> O	825.59034	817.3344331	8.255903
H <sub>2</sub> O utilitas	1668.2685	1668.2685	
		4137.188749	24.93859
Total	4162.1273	4162.127337	



#### 4. Menara Distilasi (D-320)

Kegunaan : Untuk memisahkan  $\text{CH}_3\text{OH}$  dan  $\text{CH}_2\text{O}$



komponen	feed (kg)	BM	distilat (kg)	bottom (kg)
$\text{CH}_3\text{OH}$	414.1456431	32	414.1456431	0
$\text{CH}_2\text{O}$	1237.440172	30	0	1237.440172
$\text{H}_2\text{O}$	1668.2685	18	1.6682685	1666.600232
total	3319.854316		415.8139116	2904.040404
total	3319.854316		3319.854316	

## BAB IV NERACA ENERGI

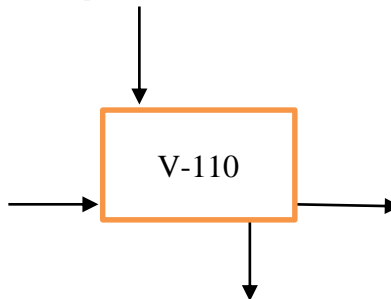
Kapasitas produksi : 23000 ton/tahun  
 Basis Operasi : 1 jam  
 T referensi : 25°C  
 Satuan : kKal/Jam

Dari perhitungan neraca massa maka dapat ditentukan kebutuhan *steam* yang digunakan serta panas yang dikandung tiap- tiap bahan.

### 1. Alat Vaporizer (V-110)

Kegunaan : Untuk merubah fase methanol dari *liquid* menjadi

ke fase *vapor*



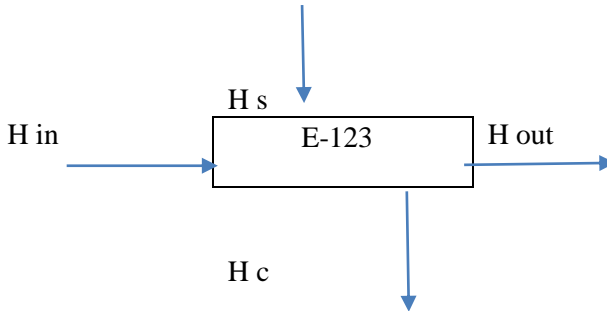
neraca energi vaporizer over  
all

	masuk		keluar
Hin	5637.325763	H out	36106.42574
Q supply	210997.614	H V	169978.6333
		Q Loss	10549.8807
total	216634.9397		216634.9397

**Alat Heater (E-114)**

Kegunaan : Untuk menaikkan suhu oksigen dan nitrogen

$$T_{in} = 30\text{ }^{\circ}\text{C} \quad T_{out} = 72\text{ }^{\circ}\text{C}$$



neraca energi heaterr over all

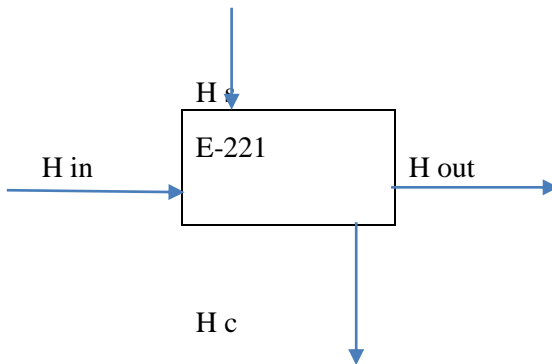
	masuk		keluar
Hin	4458.328273	H out	41948.97773
Q supply	39463.84154	Q Loss	1973.192077
total	43922.16981		43922.16981

**Alat Super-heater**

Kegunaan : Menaikkan suhu campuran methanol, oksigen, dan nitrogen

$$T_{in} = 72\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{out} = 720\text{ }^{\circ}\text{C}$$



neraca energi super heater over all

	masuk		keluar
Hin	71077.56031	H out	1044479.161
Q supply	1024633.264	Q Loss	51231.66321
total	1095710.825		1095710.825

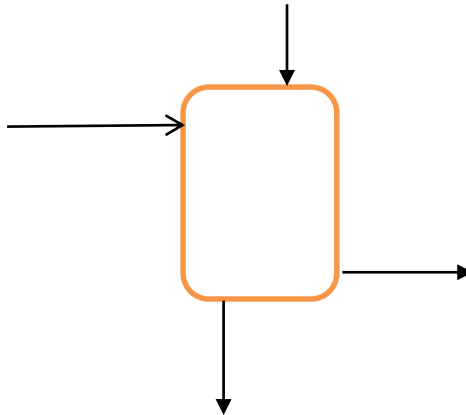


#### 4. Alat Reaktor (R-210)

Kegunaan : Untuk mereaksikan methanol fase vapor dan oksigen dengan bantuan katalis Ag

$T_{in} = 650\text{ }^{\circ}\text{C}$

$T_{out} = 620\text{ }^{\circ}\text{C}$



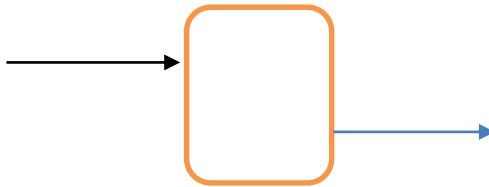
neraca energi Reaktor over all

	masuk		keluar
Hin	1044479.161	H out	1113130.345
Hr	6776650.576	Q serap	6707999.392
total	7821129.737		7821129.737



### 5. WHB

kegunaan : sebagai pengasi steam dari proses pendinginan produk reaktor.



neraca energi WHB

	masuk		keluar
Hin	1113130.345	H out	162970.8248
		Q serap	950159.5205
total	1113130.345		1113130.345





## 6. cooler

kegunaan : untuk mendinginkan produk dari WHB dan dipersiapkan sebagai bahan



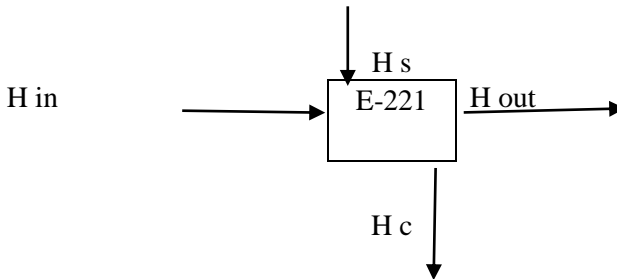
neraca energi cooler over all

masuk		keluar	
Hin	162970.8248	H out	88652.52265
		Q serap	74318.30218
total	162970.8248		162970.8248



### 6. Absorber

kegunaan : utk menyerap dan merubah fase gas formaldehyde dan methanol menjadi fase liquid



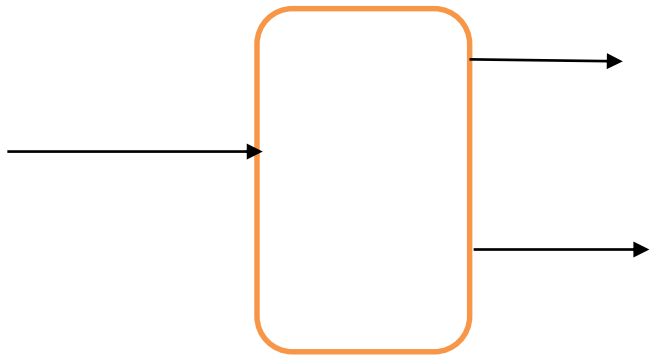
neraca energi absorb

	masuk		keluar
Hin	238868.2367	H out	522734.1778
H solution	655374.0763	Q serap	371508.1352
total	894242.313		894242.313



## 8. Menara Distilasi

Kegunaan : Untuk memisahkan methanol dari produk



neraca energi distilasi over all

	masuk		keluar
Hin	519028.7752	H out	1455194.047
Q reboiling	1256813.762	Q konden/Q serap	257807.8026
		Q loss	62840.68812
total	1775842.538		1775842.538

## **BAB V**

### **SPESIFIKASI ALAT**

#### **1. Tangki methanol**

Fungsi : Menampung methanol dari suplier

Type : Silinder tegak, tutup bawah datar dan tutup atas dish

Dasar pemilihan : Umum digunakan untuk liquid pada tekanan atmosferik

Kondisi operasi :

Tekanan : 1 atm

Suhu : 30 C

Waktu penyimpan : 7 hari

Spesifikasi :

Fungsi : Menampung methanol dari supplier

Type : Silinder tegak, tutup bawah datar dan tutup atas dish

Volume: 1713.6 cuft

Diameter : 29 ft

Tinggi : 29 ft

Tebal shell : 3/8 in

Tebal tutup atas : 1/4 in

Bahan konstruksi : Carbon Steel SA 283 grade C ( Brownell 253)

Jumlah : 8 buah

#### **2. Blower**

Fungsi : Menghembuskan udara ke preheater

Tipe : Centrifugaal

Dasar pemilihan: Jenis blower dapat digunakan untuk kapasitas besar

Resume spesifikasi Blower

Fungsi : Menghembuskan udara ke preheater

Tipe : Centrifugaal

Rate volumetrik: 1856.37 cuft/ menit

effisiensi : 80%

Power : 392.99 HP



Jumlah : 1 buah

### 3. Resume pompa

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>
Kode Alat	= L-121
Fungsi	= untuk memompa bahan baku fresh methanol dari tangki penyimpanan menuju vaporizer
Tipe Pompa	= <i>Centrifugal Pump</i>
Kapasitas Pompa	= 0.0016 cuft/s
Power Pompa	= 0.60 hp
Ukuran Pipa	
D Nominal	= 1.5 in
ID	= 1.61 in
OD	= 1.9 in
Schedule No.	= 40
Bahan	= <i>Commercial Steel</i>
Power Motor	= 0.54 hp



## 4. Resume Superheater

Spesifikasi	Keterangan	
Kode Alat	=	E-211
Fungsi	=	Menaikkan suhu umpan etilena
jenis	=	DPHE
Jumlah	=	1
Bahan		
Konstruksi	=	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Luas Area	=	626.4 ft <sup>2</sup>
Temperatur		
T <sub>1</sub>	=	1292 °F
T <sub>2</sub>	=	519.458 °F
t <sub>1</sub>	=	161.6 °F
t <sub>2</sub>	=	1112 °F
<i>Outer pipe</i>	=	2.5
<i>Inner pipe</i>	=	1.25
<i>Length</i>	=	12 ft
<i>Jumlah hairpin</i>	=	60
<i>Fouling factor</i>	=	0.002368 jam.ft <sup>2</sup> .°F/Btu
$\Delta P$ <i>annulus</i>	=	19.66492 psi
$\Delta P$ <i>inner pipe</i>	=	39.5068 psi



## 5. Reaktor

Fungsi	:	Mereaksikan metanol fase vapor dan udara dengan bantuan katalis Ag
Tipe	:	Fixed bed multitube
Kapasitas	:	3.54 m <sup>3</sup>
Tipe sambungan	:	Double welded but joint
Jenis tutup	:	Elliptical head
Tinggi Reaktor	:	5,491 m
Tebal Reaktor	:	2 in
Tebal tutup	:	2 in
Jumlah	:	1 buah
Jumlah tube	:	16 buah

## 6. Cooler

Fungsi	:	Mendinginkan produk sampai suhu 80 °C
Type	:	1=2 shell and tube heat exchanger ( fixed tube)
Dasar pemilihan	:	Umum digunakan dan mempunyai range perpindahan panas yang besar
Spesifikasi	:	
Fungsi	:	Mendinginkan produk sampai suhu 80 °C
Type	:	1-2 shell and tube heat exchanger ( fixed tube)
Tube	:	
OD	:	3/4 in; 16 BWG
Panjang	:	16 ft
Jumlah tube, Nt	:	102
Passes	:	2
Shell	:	
ID	:	37 in
Passes	:	2
HE area	:	321 ft <sup>2</sup>
Jumlah	:	1 buah



## 6. Absorber

fungsi : untuk menyerap Formaldehyde dan methanol dengan bantuan water p

type : silinder tegak, tutup bawah dan tutup atas disk

dilengkapi dengan : packing rasching ring spager

dasar pemilihan : digunakan pada kondisi tekanan atmosferik

kondisi operasi : \* tekanan operasi = 1 atm

\* suhu operasi = 30°C ( Suhu kamar )

\*sistem operasi = kontinyu

Dimensi tangki :

Volume : 9776 cuft

Diameter :14 ft

Tinggi :68 ft

Tebal Shell :0.17 in

Tebal Tutup atas :0.339 in

Tebal Tutup Bawah :57.35 in

Bahan Konstruksi :carbon steel SA-283

Jumlah : 1 buah

Spesifikasi packing :

Digunakan packing jenis raching ring dengan spesifikasi standar :

( Van Winkle : 607)

Ukuran Packing:1 in

Free gas space :80%

Jumlah packing :13197 buah packing

Bahan konstruksi :ceramic stoneware

Sparger:

Type :standard perforated pipe

Bahan konstruksi :commercial steel

Bagian atas :Diameter lubang :3.1 in

Jumlah tiap cabang : 4549 lubang

Lubang tiap cabang :288 lubang

---





Bagian bawah :  
 Diameter lubang : 12 in

Jumlah cabang : 3187 lubang

Lubang tiap cabang : 160 lubang

### 7. Condenser

Fungsi : Mengkondensasi bahan

Type : 1-2 shell and tube heat exchanger ( fixed tube)

Dasar pemilihan : Umum digunakan untuk mempunyai range perpindahan panas yang besar

Spesifikasi

Fungsi : Mengkondensasi produk pada suhu 32 C

Type : 1-2 shell and tube heat exchanger ( fixed tube)

Tube :

OD : 3/4 in, 16 BWG

panjang: 16 ft

Pitch : 1 in square

Jumlah tube : 90 tube

Passes : 2

Shell

ID : 37 in

Passes : 1

HE area: 283 ft

Jumlah : 1 buah

### 8. Reboiler

Fungsi : Menguapkan bahan pada suhu 72C

Type : 1-2 shell and tube heat exchanger ( fixed tube)

Dasar pemilihan : Umum digunakan untuk mempunyai range perpindahan panas yang besar

Spesifikasi

Fungsi : Menguapkan bahan pada suhu 72C



Type : 1-2 shell and tube heat exchanger ( fixed tube)  
Tube :  
OD : 3/4 in 16 BWG  
Panjang : 16 ft  
Pitch : 1 in square  
Jumlah tube, Nt : 310  
Passes : 1  
Shell :  
ID : 25 in  
PAsses : 1  
HE area: 974 ft<sup>2</sup>  
Bahan konstruksi: Carbon steel  
Jumlah : 1 buah

### 9. WHB

kegunaan : sebagai pengasi steam dari proses pendinginan produk reaktor.

#### ***Waste Heat Boiler***

Fungsi : Menurunkan temperatur produk sebelum cooler

Jenis : Ketel pipa api

Bahan : *Carbon steel*

Luas permukaan perpindahan panas : 245,7151 ft<sup>2</sup>

Daya : 24,5715 Hp

Panjang *tube*, L = 12 ft

Diameter *tube* 2 in

Luas permukaan pipa,  $a_p = 0,622 \text{ ft}^2/\text{ft}$  (Kern, 1965)

### 10. Kolom Distilasi

---



Fungsi : Memisahkan methanol dari produk  
Type : Sieve tray coloumn  
Tekana operasi : 16.17 psi  
Bahan konstruksi : Carbon steel SA283 grade C (  
Allowable stress = 12650 psi

Spesifikasi shell dan tutup  
Shell OD : 12 ft = 144 in  
Tebal shell : 1/2 in  
Tebal tutup dished : 1/2 in  
Tinggi tutup dished : 1.8 ft

Spesifikasi plate  
Tray spacing : 24 in  
Jumlah plate : 18 buah  
Feed plate : plate ke 2  
Tinggi tangent line to tangent line : 47.2 ft  
Tinggi skirt support : 4 ft  
Tinggi tutup dished : 1.8 ft  
Tinggi total tangki : 53 ft  
JUmlah : 1 buah



Halaman ini sengaja dikosongkan

## **BAB VI UTILITAS**

Utilitas merupakan bagian terpenting yang dapat menunjang terlaksananya operasi dan proses utama dalam sebuah pabrik. Sarana utilitas pada pabrik *formaldehyde* meliputi :

1. Air  
Air dalam pabrik Garam Industri ini digunakan sebagai air pendingin, air sanitasi dan air proses.
2. Steam  
Steam pada pabrik digunakan untuk proses pemanasan (menaikkan suhu).
3. Bahan bakar  
Bahan bakar berfungsi untuk bahan bakar boiler dan pembangkit tenaga listrik.
4. Listrik  
Listrik berfungsi sebagai tenaga penggerak dari beberapa peralatan proses maupun penerangan.

### **VI.1 Unit Penyediaan**

#### **Air**

Kebutuhan air di Pabrik *formaldehyde* disuplai dari air sungai yang terlebih dahulu diproses di Unit Pengolahan Air agar layak pakai. Air sungai tersebut digunakan sebagai air sanitasi, air proses, air pendingin, dan air umpan boiler. Sumber air yang digunakan pada pabrik didapatkan dari sungai Mahakam yang letaknya tidak jauh dari lokasi pabrik. Alasan digunakan air sungai sebagai unit penyediaan air, yaitu :

1. Pengolahannya lebih mudah.
2. Mudah didapatkan dalam jumlah besar dan



biayanya murah.

3. Biaya pengolahan juga lebih murah.

Air sungai Mahakam perlu disaring terlebih dahulu untuk menghilangkan kotoran-kotoran yang berukuran makro maupun mikro sebelum masuk ke bak penampungan. Selanjutnya air sungai dimasukkan dalam bak penampung. Air di dalam bak penampung kemudian diolah lebih lanjut sesuai dengan keperluan pemakainya. Selain itu, untuk kebutuhan di unit utilitas juga menggunakan air bersih yang didapatkan dari hasil proses.

### **VI.1.1 Air Sanitasi**

Air sanitasi digunakan untuk keperluan mandi, minum, mencuci dan sebagainya. Pada dasarnya air sanitasi harus memiliki standar kualitas air bersih meliputi :

a. Syarat Fisik

Suhu : dibawah suhu udara sekitar

Warna : jernih

Rasa : tidak berasa

Bau : tidak berbau

Kekeruhan :  $< 1 \text{ mgr SiO}_2/\text{liter}$  b. Kimia

pH berkisar antara 6,5 – 8,5

Kesadahan  $< 70 \text{ ppm CaCO}_3$

Tidak mengandung zat terlarut baik organik, anorganik maupun radioaktif

Tidak mengandung zat beracun

Tidak mengandung logam berat, seperti Pb, Ag, Cr, dan

Hg c. Biologis

Tidak mengandung kuman atau bakteri terutama bakteri *coli* dan patogen

**Tabel 6.1** Standar Air Minum WHO (*Kemmer, 1987*)

Kandungan	Batasan yang diizinkan (mg/l)
Anion (detergen)	0,2
Kalsium	75
Klorida	200
Tembaga	0,05
Besi	0,1
Magnesium	50
Mangan	0,05
Minyak	0,01
Range pH	7 - 8,5
Phenol	0,001
Sulfat	200
<i>Suspended matter</i>	5
Total padatan	500
Seng	5

### VI.1.2 Air Proses

Air proses merupakan air yang digunakan untuk bahan baku maupun bahan pembantu proses di pabrik *formaldehyde*. Yang

perlu diperhatikan dalam penyediaan air proses, yaitu :

pH yang berkisar 6,5 – 8,5

pH yang terlalu asam dapat menyebabkan korosi, sedangkan jika pH terlalu basa dapat menyebabkan kerak pada peralatan proses.

Kandungan zat-zat organik dan anorganik

Kandungan zat-zat ini dapat menyebabkan pembusaan (*foaming*) yang berakibat pada alkalinitas.

### VI.1.3 Air Pendingin

Air pendingin merupakan air yang digunakan sebagai media pendingin peralatan proses. Air ini diperoleh dari air



sungai yang telah melalui proses penyaringan dan pengendapan. Syarat air pendingin yang digunakan sebagai berikut :

*Turbidity* kurang dari 50 ppm  $\text{SiO}_2$

pH antara 7,5 – 8,5

Kadar Fe < 5 ppm

Kadar  $\text{H}_2\text{S}$  < 5 ppm

Kadar Mg < 0,5 ppm

Yang harus diperhatikan pada kandungan air pendingin adalah

- *Hardness* yang dapat menyebabkan kerak
- Kandungan besi (Fe) yang dapat menyebabkan korosi
- Kandungan minyak yang dapat menyebabkan terganggunya “film corrosion inhibitor”, heat transfer koefisien yang menurun dapat menjadi makanan mikroba yang dapat menyebabkan terjadinya endapan.

#### VI.1.4 Air Umpan Boiler

Air umpan boiler merupakan air umpan yang mengalami pelunakan kandungan mineral di dalamnya. Pada umumnya air yang terlihat jernih masih mengandung garam dan asam yang dapat merusak boiler. Air umpan boiler nantinya akan menghasilkan *steam* yang digunakan untuk *supply steam* pada proses produksi.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penanganan air umpan boiler, air tersebut harus mempunyai syarat-syarat sebagai berikut:

- Air bebas dari zat-zat yang dapat menyebabkan korosi.

Korosi yang terjadi dalam boiler disebabkan air mengandung larutan-larutan asam, gas-gas terlarut seperti  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  dan  $\text{NaHCO}_3$  masuk karena aerasi maupun kontak dengan udara luar.

Air bebas dari zat yang dapat menyebabkan scale





forming Pembentukan kerak disebabkan karena adanya kesadahan dan suhu tinggi, yang biasanya berupa garam-garam karbonat dan silikat.

- Air bebas dari zat yang dapat menyebabkan foaming Air yang diambil kembali dari hasil pemanasan biasanya menyebabkan foaming pada boiler karena adanya zat-zat organik dan zat-zat yang tidak terlarut dalam jumlah besar. Efek pembusaan terutama terjadi pada alkalinasi tinggi.

**Tabel 6.2** Batas Kontrol Optimum “Air Boiler”

	“Pressure”					
	150	300	600	900	1200	1500
TDS (max)	4000	3500	3000	2000	500	300
Fosfat (PO <sub>4</sub> )	30-60	30-60	20-40	15-20	10-15	5-10
Hidroksida (CaCO <sub>3</sub> )	300-400	250-300	150-200	120-150	100-120	80-100
Sulfite	30-60	30-40	20-30	15-20	10-15	5-10
Silika (SiO <sub>2</sub> )	100	50	30	10	5	3
Besi total (Fe) max	1 mg/l	5	3	2	2	1
Organik	70-100	70-100	70-100	50-70	50-70	50-70

(Kemmer, 1987)

## VI.2 Proses Pengolahan Air

Beberapa tahapan pengolahan air, diantaranya :

### 1. Pengolahan secara fisika

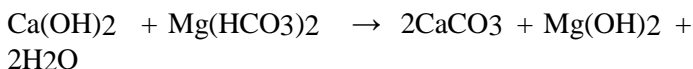
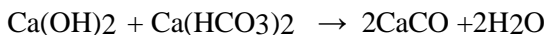
Pengolahan secara fisika dilakukan dengan cara mengendapkan kotoran yang terikut. Air dipompa dari sungai



yang sebelumnya telah disaring untuk menugari sampah dan pengotor yang lain. Kemudian ditampung ke dalam bak skimming, sehingga kotoran seperti *sludge* akan mengendap. Secara *overflow* dari skimming dialirkan ke dalam bak koagulasi dan flokulasi.

## 2. Pengolahan secara kimia

Dilakukan untuk memisahkan komponen terlarut dengan cara penambahan koagulan berupa tawas dan flokulan berupa  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Pada bak koagulasi dilakukan pengadukan cepat dengan kecepatan putar 80-100 rpm, sedangkan pada bak flokulasi dilakukan pengadukan lambat dengan kecepatan putar 4-8 rpm. Penambahan tawas ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ) bertujuan untuk memperbesar ukuran partikel padatan yang sukar mengendap sehingga waktu pengendapan (*settling time*) menjadi lebih cepat. Setelah terbentuk gumpalan-gumpalan, air dialirkan ke bak flokulasi secara *overflow* yang kemudian ditambahkan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  sebagai flokulan dengan dosis yang disesuaikan dengan kekeruhan air sungai Mahakam. Pada bak flokulasi pengadukan berjalan lambat bertujuan untuk membantu memperbesar flok-flok sehingga menjadi berat. Sedangkan penambahan larutan kapur bertujuan untuk mengikat kesadahan karbonat.



Dari bak flokulasi secara *overflow* air dialirkan ke dalam *clarifier*, pada *clarifier* dilakukan proses sedimentasi yang kemudian air bebas unsur karbonat secara *overflow*

---



ditampung ke dalam bak penampung air dan *sludge* dialirkan ke bak penampung *sludge*. Kemudian air diumpankan menggunakan pompa ke dalam *sandfilter* untuk menangkap partikel-partikel kecil yang melayang dalam air yang tidak terendapkan dengan system gravitasi. Pemilihan sistem gravitasi ini mempunyai beberapa keuntungan jika dibandingkan dengan sistem *pressure*. Pada system gravitasi, air yang disaring dilewatkan melalui bagian atas tangki sehingga tidak membutuhkan tekanan untuk menyaring dan tidak menyebabkan gesekan keras antara pasir, air dan dinding tangki dapat menimbulkan pecahnya tangki akibat tekanan. Partikel tersebut akan tertahan oleh butiran pasir dan kerikil, air yang lolos merupakan air yang jernih dan bersih yang kemudian ditampung di dalam bak penampung air bersih. Dari bak penampung air bersih kemudian dipompa ke bak distribusi untuk mendistribusikan ke masing-masing unit.

Penambahan desinfektan berupa  $\text{CaCl}_2$  yang bertujuan untuk membunuh kuman dan bakteri yang merugikan sangat dibutuhkan pada air bersih untuk mendapatkan air sanitasi yang selanjutnya ditampung dalam bak penampung air sanitasi. Air sanitasi digunakan untuk keperluan laboratorium, kantor, masak, mandi, mencuci, taman dan sebagainya. Sedangkan untuk air pendingin, air bersih dari bak penampung dipompa menuju bak air pendingin dan dapat digunakan untuk proses pendingin dengan mendistribusikannya melalui pompa. Pada *asmospheric cooling tower* digunakan sebagai pendingin air yang akan digunakan di *cooler*.

### 3. Demineralisasi

Demineralisasi dilaksanakan dengan *ion exchanger* yang

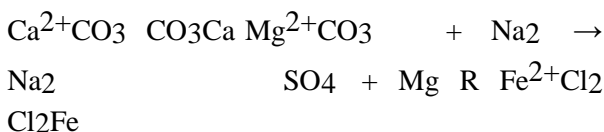
---



terdiri atas *cation exchanger* (*catex*, penukar kation) dan *anion exchanger* (*anex*, penukar anion). Air bakunya melewati penukar kation dulu, baru kemudian dilalukan di penukar anion. Pada *cation exchanger* ion positif seperti  $Mg^{2+}$  dan  $Ca^{2+}$  diganti dengan ion  $Na^+$  dari resin kation ( $RNa_2$ ), sedangkan pada *anion exchanger* digunakan untuk mengikat ion-ion negative seperti  $Cl^-$  yang diikat

oleh resin basa kuat (ROH). Reaksi yang terjadi pada proses demineralisasi :

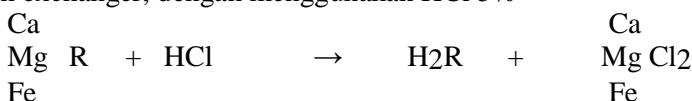
*Cation exchanger*



Untuk efektifitas operasi, unit ini juga dilengkapi dengan fasilitas regenerasi untuk mengembalikan kemampuan resin, yaitu dengan menambahkan larutan HCl ke dalam kation exchanger dan larutan NaOH untuk anion exchanger.

Regenerasi yang terjadi yaitu :

Kation exchanger, dengan menggunakan HCl 5%



### VL3 Unit Penyediaan Steam

*Steam* mempunyai peranan yang sangat penting dalam menunjang proses produksi. *Steam* digunakan sebagai media pemanas, dimana pembangkitnya berasal dari turbin, dengan fluida penggerakanya berupa air.

Pada pabrik *formaldehyde* ini, *steam* yang digunakan adalah

*steam* jenuh (*saturated steam*) dengan suhu 300°C dan tekanan 8581 kPa (*Geankoplis, 1986*). Kebutuhan *steam* untuk pabrik



---

formaldehyde adalah :

No.	Nama peralatan	Kebutuhan Air (kg/hari)
1.	Vaporizer (V-110)	1263,646
2.	Heater (E-114)	7708,8125
3.	Pre-heater (E-221)	1615,87104
Total		10588,32954

#### VI.4 Kebutuhan

##### Listrik

Tenaga listrik untuk pabrik ini disuplai oleh jaringan PLN dan sebagai cadangan digunakan generator untuk mengatasi keadaan bila sewaktu - waktu terjadi gangguan PLN. Kebutuhan

listrik untuk penerangan pabrik dapat dihitung berdasarkan kuat

penerangan untuk masing - masing ruangan atau halaman di sekitar pabrik yang memerlukan penerangan. Kebutuhan listrik di pabrik garam industri diperoleh dari PLN PJU Bontang dengan daya 900 MW.

#### VI.5 Perhitungan Kebutuhan Air

##### 1. Air Sanitasi

Menurut Metcalf et.al (1991) kebutuhan air domestic untuk tiap orang adalah 40-100 literper hari. Untuk keperluan sanitsi dibutuhkan  $0,1 \text{ m}^3/\text{hari}$  untuk tiap karyawan. (Diambil 100 liter per hari)

Untuk 300 orang karyawan =  $300 \times 0,1 \text{ m}^3/\text{hari}$

=  $30 \text{ m}^3/\text{hari}$

=  $1,25 \text{ m}^3/\text{jam}$

= 1.250 liter/jam

= 30.000 liter/hari

Asumsi kebutuhan air sanitasi pada laboratorium dan lain- lain sekitar 50% dri kebutuhan air sanitasi karyawan. Maka

---



## BAB VI Utilitas

$$= 0,5 \times 1.250 \text{ liter/jam}$$

$$= 625 \text{ liter/jam}$$

$$= 15.000 \text{ liter/jam}$$

Jadi, kebutuhan air sanitasi keseluruhan adalah

$$= 1.250 + 625 \text{ (liter/jam)}$$

$$= 1.875 \text{ liter/jam}$$

$$= 45.000 \text{ liter/hari}$$

$$= 45 \text{ m}^3/\text{hari}$$

## a. Air Pendingin

Jumlah kebutuhan untuk air pendingin didapatkan dari *Appendiks B-perhitungan neraca panas*. Air pendingin ini diperlukan pada beberapa alat di bawah ini :

**Tabel VI.2**Kebutuhan Air Pendingin

No.	Nama Peralatan	Kebutuhan air (kg/hari)
1.	Cooler	1442.837795
2.	WHB	5154.495445
3.	Condenser	5005.158
<b>Total</b>		11.602,5

$$\text{Total kebutuhan air pendingin} = \frac{11.602,5}{\text{Densitas air}}$$

$$= \frac{11.602,5}{995,68}$$

$$= 11,65 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Karena digunakan sistem sirkulasi untuk menghemat air, maka diasumsikan air pendingin yang ditambahkan selama pabrik dalam kondisi *steady* sebesar 10% dari total kebutuhan air pendingin. Sehingga, kebutuhan air pendingin = 10% x 11,65 m<sup>3</sup>/hari = 12,8 m<sup>3</sup>/hari



---

**b. Air Umpan Boiler**

Air yang dibutuhkan = *steam* yang dibutuhkan.

Berdasarkan perhitungan dari neraca panas, kebutuhan air umpan boiler untuk menghasilkan steam pada sistem pemrosesan ini berasal dari :

**Tabel VI.3**Kebutuhan Air Boiler

No.	Nama	Kebutuhan air (kg/hari)
1.	Vaporizer	401.5662058
2.	Heater	78.261383
3.	Super Heater	2387.365186
4.	Reboiler	2439.868431
<b>Total</b>		<b>5307</b>

$$\begin{aligned}\text{Total kebutuhan air umpan boiler} &= \frac{5307}{(\text{densitas air})} \\ &= \frac{5307 \text{ kg/hari}}{995,68 \text{ kg/m}^3} \\ &= 5,33 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

Karena digunakan sistem sirkulasi untuk menghemat air, maka diasumsikan air umpan boiler yang ditambahkan selama pabrik dalam kondisi steady sebesar 20% dari total kebutuhan air umpan boiler. Sehingga, kebutuhan air umpan boiler

$$= 20\% \times 5,33 = 1,006 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Kebutuhan air total (dengan resirkulasi) adalah

- Air sanitasi = 45 m<sup>3</sup>/hari
- Air boiler = 1,006 m<sup>3</sup>/hari




---



---

-	Air pendingin	=	12,8	m <sup>3</sup> /hari
	Total	=	58,8	m <sup>3</sup> /hari

---

#### VI.4.2 Unit Penyediaan Listrik

Listrik dibutuhkan selain untuk penerangan pabrik juga digunakan untuk menjalankan alat pabrik seperti reaktor, crystallizer, dan lain-lain. Sedangkan pada peralatan utilitas digunakan untuk menggerakkan pengaduk pada pompa, tangki koagulasi, flokulasi, dan peralatan utilitas lainnya. Kebutuhan listrik di pabrik *Trinatrium Phosphate* ini diperoleh dari PLN wilayah setempat.

#### VI.4.3 Bahan Bakar

Kebutuhan bahan bakar pada pabrik *Trinatrium Phosphate* ini ada 2, yaitu minyak IDO (*Industrial Diesel Oil*) dan solar. Jika minyak IDO tidak mencukupi untuk bahan bakar diesel dan boiler maka digunakan bahan bakar solar. Minyak IDO dipompakan ke boiler dengan menggunakan gear pump, dimana kebutuhan untuk minyak IDO sebesar 2000-3000 liter/hari yang diperoleh dari Pertamina.



## **BAB VII**

### **KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA**

#### **VII.1 Kesehatan dan Keselamatan Kerja Secara Umum**

Keselamatan kerja adalah segala upaya atau pemikiran yang ditujukan untuk menjamin keutuhan dan kesempurnaan baik jasmani maupun rohani tenaga kerja khususnya dan manusia pada umumnya. Pada pabrik minyak ikan lemuru menggunakan proses *wet rendering* ini, kesehatan dan keselamatan kerja merupakan bagian yang mendapat perhatian khusus, oleh karena itu dilakukan usaha-usaha pencegahan yang bertujuan untuk menghindari dan menimbulkan terjadinya kecelakaan kerja serta untuk meningkatkan produktivitas dan keuntungan bagi perusahaan.

Tujuan dari kesehatan dan keselamatan kerja ditinjau dari berbagai pendekatan, antara lain :

1. Pendekatan kemanusiaan  
Berupaya mencegah terjadinya penderitaan bagi tenaga kerja dan ikut serta menciptakan terwujudnya kesejahteraan hidup.
2. Pendekatan ekonomis
3. Berupaya meningkatkan keuntungan dengan menghindarkan kerugian bagi tenaga kerja dan perusahaan.
4. Pendekatan sosial  
Berupaya menghindarkan kerugian bagi masyarakat baik langsung maupun tidak langsung.

Menurut UU No.1 Th. 1970 yang dimaksud dengan keselamatan kerja, yaitu :

1. Agar para pekerja dan orang lain yang berada di lokasi pekerjaan tetap sehat dan selamat.
2. Melindungi sumber – sumber produksi agar terpelihara dengan



baik dan dipergunakan secara efisien.

3. Melindungi agar proses produksi berjalan lancar tanpa hambatan apapun.
4. Kesehatan dan keselamatan kerja memerlukan tanggung jawab dari semua pihak karena hal ini tergantung dari Direksi, tingkah laku karyawan, keadaan peralatan atau lingkungan kerja itu sendiri.

Menurut Peraturan Pemerintah No.11 Th. 1979, kecelakaan dibagi menjadi 4 macam, antara lain :

1. Kecelakaan ringan, kecelakaan yang terjadi tetapi tidak menimbulkan hilangnya jam kerja.
2. Kecelakaan sedang, kecelakaan yang terjadi sehingga menimbulkan hilangnya jam kerja tetapi tidak menimbulkan cacat jasmani.
3. Kecelakaan berat, kecelakaan yang terjadi sehingga berakibat fatal dan menyebabkan cacat jasmani.
4. Kecelakaan mati, kecelakaan yang menyebabkan hilangnya nyawa manusia.

### **VII.1.1. Sebab- Sebab Terjadinya Kecelakaan Kerja**

Secara umum, terjadinya kecelakaan disebabkan oleh hal-hal sebagai berikut:

#### **1. Lingkungan Fisik**

Lingkungan fisik meliputi mesin, peralatan, bahan produksi lingkungan kerja, penerangan dan lain-lain.

Kecelakaan terjadi akibat dari:

- Kesalahan perencanaan.
- Aus atau rusaknya peralatan.
- Kesalahan pada waktu pembelian.
- Terjadinya ledakan karena kondisi operasi yang tidak terkontrol.
- Penyusunan peralatan dan bahan produksi yang kurang tepat.



- Lingkungan kerja yang tidak memenuhi persyaratan seperti panas, lambat, bising dan salah penerangan.

## 2. Manusia

Kecelakaan yang disebabkan oleh manusia (karyawan) dapat terjadi akibat beberapa hal, yang antara lain adalah sebagai berikut:

- Kurangnya pengetahuan dan keterampilan karyawan
- Kurangnya motivasi kerja dan kesadaran karyawan akan keselamatan kerja.

## 3. Sistem Manajemen

Kecelakaan yang disebabkan karena sistem manajemen, dapat terjadi akibat beberapa hal di bawah ini, yaitu:

- Kurangnya perhatian manajer terhadap keselamatan kerja.
- Kurangnya pengawasan terhadap kegiatan pemeliharaan dan modifikasi.
- Kurangnya sistem penanggulangan terhadap bahaya.
- Kurangnya penerapan prosedur yang baik.
- Tidak adanya inspeksi peralatan.

## **VII.2 Kesehatan dan Keselamatan Kerja pada Pabrik Formaldehyde terdiri dari :**

Usaha untuk meningkatkan keselamatan dan kesehatan

kerja di lokasi pabrik Formaldehyde, yaitu dengan diperhatikannya tindakan pencegahan terhadap tiga faktor utama penyebab

kecelakaan tersebut, diantaranya:

### **1. Lingkungan Fisik**

Cara menanggulangi bahaya kecelakaan kerja yang ditimbulkan

oleh lingkungan fisik dapat disesuaikan dengan



jenis

bahayanya, yaitu:

1. Bahaya dalam proses *plant*

Dalam design proses harus diperhatikan *flammable* dan *Explosive*, desain peralatan harus didasarkan pada karakteristik bahan-bahan yang akan diolah maupun produk yang dihasilkan.

2. Bahaya Kebocoran

Kebocoran yang terjadi terutama pada sambungan pipa. Perpipaan diletakkan di atas permukaan tanah dan bila terpaksa dipasang dibawah tanah, maka harus dilengkapi dengan *fire stop* dan *drainage* (pengeluaran) pada jarak tertentu untuk mencegah adanya bakteri yang dapat masuk kedalam bahan baku sehingga menurunkan kualitasda

## 2. Manusia/Karyawan

Bahaya yang diakibatkan oleh manusia/karyawan dapat dicegah dengan beberapa cara, yaitu sebagai berikut:

1. Pada waktu *maintenance* ataupun pada waktu *shut down* para pekerja harus menggunakan alat pelindung diri, seperti helm, sarung tangan, masker dan lain sebagainya disesuaikan dengan kebutuhan.
2. Memberikan pengumuman-pengumuman penting yang berhubungan dengan keselamatan dan kesehatan kerja. kuantitas produk. Dan juga susunan *valve* dan perpipaan yang baik sangat membantu keselamatan kerja.
3. Bahaya *thermis*  
Peralatan yang beroperasi pada suhu tinggi harus diberi isolasi, untuk menghindari terjadinya kecelakaan dan menghindari kehilangan panas yang dibutuhkan alat tersebut. Untuk menghindari suhu ruangan yang terlalu tinggi maka perlu adanya ventilasi udara yang cukup pada ruangan tersebut, sebab bila suhu ruangan tinggi



akan menimbulkan kondisi cepat lelah para pekerja dan dapat menurunkan efisiensi kerja.

4. Bahaya kebakaran

Terjadinya kebakaran dapat disebabkan oleh:

- Kemungkinan nyala terbuka dari unit utilitas, laboratorium, dan lain-lain.
- Terjadinya loncatan bunga api pada saklar dan stop kontak.

Untuk mengatasi kemungkinan tersebut dilakukan :

- Melarang kegiatan merokok di daerah yang mudah terbakar
- Menempatkan alat pemadam kebakaran dan *hydrant* pada daerah rawan kebakaran.
- Pemasangan isolasi pada seluruh kabel transmisi yang ada.
- Pemberian pengarahan, training *Fire Fighting Brigade* (FFB) yang dilakukan 1 kali dalam seminggu untuk menangani bila sewaktu – waktu terjadi kebakaran dan bahan baku petunjuk keselamatan kerja tentang diri sendiri, bahan kimia dan lain-lain.
- Memberikan dan mengawasi kelengkapan alat pelindung diri karyawan sebelum memasuki lokasi pabrik.
- Adanya poliklinik mempunyai sarana yang dapat memadai dalam memberikan pertolongan darurat. Selain itu setiap karyawan harus memahami cara memberikan pertolongan pertama bila ada kecelakaan.

### VII.2.1 Keselamatan Karyawan di area Pabrik Formaldehyde

---



1. Pada daerah tangki penyimpanan, perpipaan, dan perpompaan Pada kawasan ini pekerja/ karyawan diwajibkan menggunakan:

- Alat pelindung kaki :

Sepatu pengaman (*safety shoes*), berfungsi untuk melindungi kaki dari bahaya kejatuhan benda– benda berat, terpercik aliran panas dan terlindung dari kebocoran tangki.

- Alat pelindung kepala :

*Safety helmet* yang berfungsi untuk melindungi kepala dari benturan benda – benda keras atau kejatuhan benda – benda keras.

- Alat pelindung mata :

*Welding mask* atau *welding glasses*, berfungsi untuk melindungi mata dari radiasi sinar yang terdapat pada pengelasan, dan melindungi mata jika terjadi kebocoran pada tangki yang akan menyebabkan iritasi atau bahkan kebutaan .

- Alat pelindung tangan

Sarung tangan karet (untuk melindungi tangan dari bahaya listrik), serta sarung tangan kulit / PVC / berlapis *chrom* (untuk melindungi dari benda – benda tajam / kasar dan benda–benda panas)

- Alat pelindung badan :

*Cattle pack* berfungsi sebagai pelindung badan dari radiasi panas pada tangki penampung yang mempunyai suhu lebih besar dari 100<sup>o</sup> C dan aliran panas.

2. Pada daerah *Heat Exchanger* dan *reboiler*

Pada kawasan ini pekerja/karyawan diwajibkan menggunakan :

- Alat pelindung mata :

*Welding mask* atau *welding glasses*, berfungsi untuk melindungi mata dari radiasi sinar yang terdapat pada pengelasan, selain itu untuk pencegahan awal jika terjadi adanya kebocoran pada pipa penghubung yang jika terkena mata akan menyebabkan iritasi atau bahkan kebutaan.



- Alat pelindung tangan :

Sarung tangan karet (untuk melindungi tangan dari bahaya listrik, larutan asam atau basa yang bersifat korosif) serta sarung tangan kulit / PVC / berlapis *chrom* (untuk melindungi dari benda – benda tajam / kasar dan benda – benda bersuhu tinggi).

- Alat pelindung kaki :

Sepatu pengaman (*safety shoes*), berfungsi untuk melindungi kaki dari bahaya kejatuhan benda – benda berat, terpercik aliran bersifat korosif akibat dari kebocoran pipa.

- Alat pelindung kepala :

*Safety helmet* yang berfungsi untuk melindungi kepala dari benturan benda – benda keras atau kejatuhan benda – benda keras.

- Alat pelindung telinga :

*Ear plug* (dapat menahan suara sampai 39dB) dan *ear muff* (sampai 41 dB), atau gabungan keduanya. Diberikan kepada karyawan operator peralatan (mesin) terutama yang ber rpm tinggi.

- Alat pelindung badan :

*Cattle pack* berfungsi sebagai pelindung badan dari radiasi panas pada system perpipaan yang mempunyai suhu lebih besar dari 100<sup>o</sup> C terutama pada daerah heater dan reboiler selain itu melindungi badan dari percikan bahan yang korosif dan aliran panas.

3. Pada daerah Reaktor, vaporizer, menara distilasi :

Pada kawasan ini sama karyawan diwajibkan menggunakan :

Alat pelindung mata :

- *Welding mask* atau *welding glasses*, berfungsi untuk melindungi mata dari radiasi sinar yang terdapat pada pengelasan, selain itu untuk pencegahan awal jika terjadi adanya kebocoran pada pipa penghubung yang jika terkena mata akan menyebabkan iritasi atau bahkan kebutaan.
-



- Alat pelindung tangan :  
Sarung tangan karet (untuk melindungi tangan dari bahaya listrik, larutan asam atau basa yang bersifat korosif) serta sarung tangan kulit / PVC / berlapis chrom (untuk melindungi dari benda – benda tajam / kasar dan benda – benda bersuhu tinggi).
- Alat pelindung kaki :  
Sepatu pengaman (*safety shoes*), berfungsi untuk melindungi kaki dari bahaya kejatuhan benda – benda berat, terpercik aliran panas/terlalu panasnya tangki atau larutan asam ataupun basa yang bersifat korosif akibat dari kebocoran pipa.
- Alat pelindung kepala :  
*Safety helmet* yang berfungsi untuk melindungi kepala dari benturan benda – benda keras atau kejatuhan benda – benda keras panas/terlalu panasnya pipa HE atau larutan asam ataupun basa yang
- Alat pelindung badan :  
*Cattle pack* berfungsi sebagai pelindung badan dari radiasi panas pada system perpipaan / reaktor yang mempunyai suhu lebih besar dari 100 OC selain itu melindungi badan dari percikan bahan yang korosif dan aliran panas.

### **VII.2.2. Hal – hal yang harus diperhatikan**

Untuk meminimalkan terjadinya kecelakaan kerja ada beberapa hal

yang harus diperhatikan,

yaitu :

#### **a. Bangunan pabrik**

Bangunan gedung beserta alat – alat konstruksinya harus memenuhi persyaratan yang telah direkomendasikan oleh para ahli

yang bersangkutan untuk menghindari bahaya – bahaya kebakaran, kerusakan akibat cuaca, gempa , petir, banjir dan lain sebagainya. Lingkungan sekitar pabrik harus dapat





memberikan rasa aman dan nyaman bagi para pekerja serta penduduk sekitarnya. Jangan sampai kehadiran pabrik tersebut menimbulkan pencemaran bagi lingkungan sekitar sehingga mengakibatkan ketidaknyamanan bagi penduduk sekitar.

b. Ventilasi

Ruang kerja harus cukup luas, tidak membatasi atau membahayakan gerak pekerja, serta dilengkapi dengan sistem ventilasi yang baik sesuai dengan kondisi tempat kerjanya, sehingga pekerja dapat bekerja leluasa, aman, nyaman, karena selalu mendapatkan udara yang bersih.

c. Alat – alat bergerak

Alat – alat berputar atau bergerak seperti motor pada pompa, motor pada pengaduk harus selalu berada dalam keadaan tertutup, minimal diberi penutup pada bagian yang bergerak, serta harus diberi jarak yang cukup dengan peralatan yang lainnya sehingga bila terjadi kerusakan akan dapat diperbaiki dengan mudah.

d. Peralatan yang menggunakan sistem perpindahan panas

Peralatan yang memakai sistem perpindahan panas harus diberi isolator, misalnya : Boiler, Cooler, Heater dan sebagainya.

Disamping itu di dalam perancangan factor keselamatan harus diutamakan, antara lain dalam hal pengelasan (pemilihan sambungan las), factor korosi, tekanan (*stress*). Hal ini memegang peran penting dalam mencegah terjadinya kecelakaan kerja, efisiensi dan produktivitas operasional, terutama untuk mencegah kehilangan panas pada alat-alat tersebut. Selain itu harus diupayakan agar suhu ruang tidak terlalu tinggi dengan jalan memberi ruang (*space*) yang cukup untuk peralatan mencegah kebocoran steam yang terlalu besar, serta pemasangan alat-aay control yang sesuai.

---



## e. Sistem perpipaan

Pipa – pipa harus dipasang secara efektif supaya mudah menghantarkan fluida proses atau utilitas tanpa adanya kehilangan

energi atau massa, dalam waktu yang tepat. Pipa – pipa tersebut

juga harus diletakkan di tempat yang terjangkau dan aman sehingga mudah diperbaiki dan dipasang. Untuk pipa yang dilalui

fluida panas harus diberi isolasi (berupa sabut atau asbes) dan diberi sambungan yang dapat memberikan fleksibilitas seperti belokan – U (U – bed), tee, juga pemilihan *valve* yang sesuai untuk menghindari peledakan yang diakibatkan oleh pemuaian pipa

## f. Sistem kelistrikan

Penerangan di dalam ruangan harus cukup baik dan tidak menyilaukan agar para pekerja dapat bekerja dengan baik dan nyaman. Setiap peralatan yang dioperasikan secara elektris harus

dilengkapi dengan pemutusan arus (sekering) otomatis serta dihubungkan dengan tanah (*ground*) dalam bentuk arde, untuk menjaga apabila sewaktu – waktu terjadi hubungan singkat. Pemeriksaan peralatan listrik secara teratur perlu dilakukan.

## g. Karyawan

Seluruh karyawan dan pekerja, terutama yang menangani unit – unit vital, hendaknya diberi pengetahuan dan pelatihan khusus dalam bidang masing – masing, juga dalam bidang kesehatan dan keselamatan kerja secara umum. Disamping itu pihak pabrik harus gencar memberikan penyuluhan tentang Kesehatan dan Keselamatan kerja (K-3), baik secara lisan maupun secara tertulis (berupa tanda-tanda bahaya atau larangan serta peraturan pengoperasian peralatan yang baik dan pada tiap-tiap alat terutama yang berisiko

---



tinggi). Dengandemikian diharapkan para karyawan akan mampu menangani kondisi darurat yang dapat terjadi sewaktu-waktu, setidaknya pada tahap awal.

### **VII.2.3 Sistem yang Digunakan di Pabrik Formaldehyde**

#### **1. Sistem alarm pabrik**

Sistem alarm dalam pabrik digunakan untuk mendeteksi asap jika terjadi kebakaran atau tanda bahaya. Sehingga apabila terjadi bahaya sewaktu-waktu pada karyawan dapat segera mengetahui.

#### **2. Sistem komunikasi**

Yaitu tersedianya alat komunikasi yang menghubungkan antar unit baik dengan sistem telepon maupun dengan sistem *wireless* yang diset berdasarkan tempat-tempat yang telah ditentukan untuk start, stop, dan *emergency* pengoperasian.

#### **3. Motor listrik**

Motor listrik berfungsi untuk melindungi dari kegagalan tenaga untuk sementara.

#### **4. Sistem Management**

Sistem manajemen mempunyai peran yang besar bagi karyawan dan staff ahli yang saling mendukung satu sama lain. Juga kedisiplinan di dalam menjalankan tugas untuk kerjasama dalam mencapai tujuan keselamatan dan kesehatan kerja.

Sistem management yang benar meliputi:



- Melaksanakan prosedur kerja dengan menggunakan buku pedoman Keselamatan Kerja.
- Pokok-pokok kebijaksanaan direksi dalam bidang K3.
- Membuat usaha-usaha untuk mengatasi bahaya yang mungkin timbul di tempat kerja.

### **5. Penggunaan Alat pelindung diri (APD)**

Menurut Undang-Undang Keselamatan Kerja No.1 tahun 1970

untuk mengurangi akibat kecelakaan kerja, maka setiap perusahaan

harus menyediakan alat perlindungan diri (APD) yang harus disesuaikan dengan jenis perusahaannya masing-masing.

Alat pelindung diri (APD) bukan merupakan alat untuk menghilangkan bahaya di tempat kerja, namun hanya merupakan

salah satu usaha untuk mencegah dan mengurangi kontak antara bahaya dan tenaga kerja yang sesuai dengan standar kerja yang diijinkan.

Syarat – syarat Alat Pelindung Diri adalah:

1. Memiliki daya cegah dan memberikan perlindungan yang efektif terhadap jenis bahaya yang dihadapi oleh tenaga kerja.
2. Konstruksi dan kemampuannya harus memenuhi standar yang berlaku.
3. Efisien, ringan, dan nyaman dipakai.
4. Tidak mengganggu gerakan – gerakan yang diperlukan.
5. Tahan lama dan pemeliharannya mudah.

Jenis – jenis Alat Pelindung Diri adalah sebagai berikut:

1. Topi keselamatan (*safety head*) Untuk melindungi kepala



terhadap benturan, kemungkinan tertimpa benda – benda yang jatuh, melindungi bagian kepala dari kejutan listrik ataupun terhadap kemungkinan terkena bahan kimia yang berbahaya. Digunakan selama jam kerja di daerah instalasi pabrik.

2. Alat pelindung mata (*eye goggle*).

Untuk melindungi mata terhadap benda yang melayang, percikan, bahan kimia, dan cahaya yang menyilaukan. Digunakan pada saat :

Di daerah berdebu. Menggerinda, memahat, menebor, membubut, dan mem – *frais*. Di mana terdapat bahan atau menangani bahan kimia yang berbahaya, termasuk asam atau alkali.

3. Alat pelindung muka

Untuk melindungi muka (dari dahi sampai batas leher)

Pelindung muka yang tahan terhadap bahan kimia yang berbahaya (warna kuning. Digunakan pada saat menangani bahan asam atau alkali).

Pelindung muka terhadap pancaran panas (warna abu – abu). Digunakan di tempat kerja di mana pancaran panas dapat membahayakan pekerja. Pelindung muka terhadap pancaran sinar ultra violet dan infra merah.

4. Alat pelindung telinga

Untuk melindungi telinga terhadap kebisingan di mana bila alat tersebut tidak digunakan dapat menurunkan daya pendengaran

dan menyebabkan ketulian yang bersifat tetap. Macam dari alat pelindung pendengaran ini adalah:

*Ear plug* : digunakan di daerah bising dengan tingkat kebisingan sampai dengan 95 dB.

*Ear muff* : digunakan di daerah bising dengan tingkat kebisingan lebih dari 95 dB.

5. Alat pelindung pernafasan

Terdapat dua jenis alat pelindung pernafasan (respirator)

---



yaitu:

*Air purifying respirator*

*Air supplying respirator*

Sedangkan alat yang digunakan pada pabrik ini adalah *Air purifying respirator* yang berfungsi untuk melindungi

pemakainya dari debu, gas-gas, uap, dan kabut. Alat ini juga dipakai bila toksinitas zat kimia dan kadarnya dalam udara tempat bekerja rendah. Alat ini bekerja dengan cara filtrasi dan adsorpsi.

#### 6. Sarung tangan

Digunakan untuk melindungi tangan terhadap bahaya fisik, kimia, dan listrik.

Sarung tangan kulit

Dipakai apabila para pekerja tengah bekerja dengan benda yang kasar dan tajam. *Pabrik*

sarung tangan asbes

Digunakan apabila bekerja dengan benda yang panas.

Sarung tangan katun

Digunakan apabila bekerja dengan peralatan oksigen.

Sarung tangan karet

Digunakan apabila bekerja dengan bahan kimia yang berbahaya, korosif, dan iritatif.

Sarung tangan listrik

Digunakan apabila bekerja dengan kemungkinan terkena bahaya listrik.

Sepatu pengaman

Digunakan untuk melindungi kaki terhadap gangguan yang membahayakan para pekerja di tempat kerja.

Macam dari sepatu pengaman adalah:

##### a. Sepatu keselamatan

Digunakan untuk melindungi kaki dari benda yang keras atau tajam, luka bakar yang disebabkan oleh

bahan kimia yang korosif, tertembus benda tajam, serta untuk menjaga agar seseorang tidak jatuh terpeleset oleh air atau



minyak.

b. Sepatu karet

Digunakan untuk melindungi kaki terhadap bahan kimia yang berbahaya.

c. Sepatu listrik

Digunakan apabila bekerja dengan kemungkinan

terdapat bahaya listrik. Baju pelindung

Digunakan untuk melindungi seluruh bagian tubuh terhadap berbagai gangguan yang dapat membahayakan para pekerja.

### **VII.3 Keselamatan Pada Alat-alat Pabrik**

a. Pada Tangki Penampung

Pada tangki penampung Formaldehyde, harus dilengkapi dengan sistem keamanan yang berupa:

Pemberian Label dan spesifikasi bahannya. Serta pengecekan secara berkala oleh petugas K3

b. Pada Pompa dan sistem perpipaan

Kemungkinan korosi yang terjadi pada pompa dan pipa adalah korosi uniform, korosi *caustic embrittlement*, dan korosi erosi yang disebabkan oleh aliran. Korosi Erosi dapat ditemukan pada sistem perpipaan (terutama pada *bend*, *elbow* dan *joint*), *valve*, pompa, *heat exchangers*., Sedangkan korosi *caustic embrittlement* terjadi jika berada pada tekanan tinggi dan lingkungan kimia yang banyak mengandung basa. Untuk mencegah adanya korosi tersebut, pada pompa digunakan logam yang lebih keras yang tahan terhadap korosi serta pengecekan secara berkala (setiap minggu) oleh petugas K3. Selain itu penempatan perpipaan haruslah aman atau tidak mengganggu jalannya proses serta kegiatan dari para pekerja atau karyawan.

c. Pada *Heat Exchanger*

Pada area *Heat Exchanger* khususnya *Heater* dilengkapi dengan isolator untuk mencegah terjadinya radiasi panas yang



tinggi, sedangkan pada Boiler mempunyai level suara sampai batas

85 dB, serta pengecekan secara berkala oleh petugas K3.

d. Pada area pabrik secara umum atau keseluruhan :

Disediakan jalan diantara *plant-plant* yang berguna untuk kelancaran transportasi para pekerja serta memudahkan



## **BAB VIII INSTRUMENTASI**

### **VIII.1 Instrumentasi Secara Umum dalam Industri**

Instrumentasi merupakan system dan susunan yang dipakai di dalam suatu proses control untuk mengatur jalannya proses agar diperoleh hasil sesuai dengan yang diharapkan. Didalam suatu pabrik kimia, pemakaian instrument merupakan suatu hal penting karena dengan adanya rangkaian instrument tersebut maka operasi semua peralatan yang ada di dalam pabrik dapat dimonitor dan dikontrol dengan cermat, mudah dan efisien. Dengan demikian, kondisi operasi selalu berada dalam kondisi yang diharapkan.

Secara garis besar, alat-alat control dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

a. Penunjuk (*indicator*)

*Indicator* adalah suatu alat yang (biasanya terletak pada tempat dimana pengukuran untuk proses tersebut dilakukan) memberikan harga dari besaran (*variable*) yang diukur.

Besaran ini merupakan besaran sesaat.

b. Pengirim (*Transmitter*)

*Transmitter* adalah alat yang mengukur harga dari suatu besaran seperti suhu, tinggi permukaan dan mengirim sinyal yang diperolehnya ke peralatan lain misal recorder indicator atau alarm.

c. Pencatat (*Recorder*)

*Recorder* (biasanya terletak jauh dari tempat dimana besaran proses diukur), bekerja untuk mencatat harga-harga yang diperoleh dari pengukuran secara kontinyu atau secara periodic. Biasanya hasil pencatatan recorder ini terlukis dalam bentuk kurva diatas kertas.



d. Pengatur (*Controller*)

*Controller* adalah suatu alat yang membandingkan harga besaran yang diukur dengan harga sebenarnya yang diinginkan bagi besaran itu dan memberikan sinyal untuk pengkoreksian kesalahan, jika terjadi perbedaan antara harga besaran yang diukur dengan harga besaran yang sebenarnya.

e. Katup pengatur (*Control valves*)

Sinyal koreksi yang dihasilkan oleh *controller* berfungsi untuk mengoperasikan *control valve* untuk memperbaiki atau meniadakan kesalahan tersebut. Biasanya *controller* ditempatkan jauh dari tempat pengukuran. *Controller* juga dapat berfungsi (dilengkapi) untuk dapat mencatat atau mengukur.

- Faktor-faktor yang diperlukan dalam pemilihan instrumentasi adalah:
  - a. Sensitivity
  - b. Readability
  - c. Accuracy
  - d. Precision
  - e. Bahan konstruksi serta pengaruh pemasangan peralatan instrumentasi pada kondisi proses
  - f. Faktor-faktor ekonomi

Alat-alat control yang banyak digunakan dalam bidang industri adalah:

1. Pengatur suhu

a. *Temperatur Indicator* (TI)

Fungsi: Untuk mengetahui temperatur operasi pada alat dengan pembacaan langsung pada alat ukur tersebut. Jenis temperatur indicator antara lain thermometer, termokopel.

b. *Temperatur Controller* (TC)

Fungsi: Untuk mengetahui tekanan operasi pada alat

---



dengan pembacaan langsung pada alat ukur tersebut.  
Jenis pressure indicator antara lain thermocouple

2. Pengatur Tekanan

a. *Pressure Indicator* (PI)

Fungsi: Untuk mengetahui tekanan operasi pada alat dengan pembacaan langsung pada alat ukur tersebut.  
Jenis pressure indicator antara lain thermogauge.

b. *Pressure Controller* (PC)

Fungsi: Mengendalikan atau mengatur tekanan operasi sesuai dengan kondisi yang diminta.

3. Pengatur aliran (flow)

a. *Flow Controller* (FC)

Fungsi: Menunjukkan dan mengendalikan laju suatu aliran dalam suatu peralatan seperti yang telah ditetapkan. Jenis flow controller yaitu control valve.

4. Pengaturan tinggi permukaan (level)

a. *Level Indicator* (LI)

Fungsi: Menunjukkan tinggi permukaan fluida pada suatu cairan.

b. *Level Indicator Control* (LIC)

Sebagai alat penunjukkan untuk mengetahui ketinggian operasi dan untuk mengendalikan atau mengatur level operasi agar sesuai dengan kondisi yang diinginkan.

### **VIII.2 Instrumentasi dalam Pabrik Formaldehyde dari Methanol dengan Proses Silver Catalyst**

Berikut ini macam-macam instrumentasi yang digunakan di pabrik formaldehyde dari methanol dengan proses Silver Catalyst:

**Tabel 8.1** Instrumentasi dalam pabrik formaldehyde

---



dari metanol dengan *silver catalyst*

Alat	Sistem	Fungsi
Vaporizer (V-110)	Flow Control	Mengatur laju alir( <i>flowrate</i> ) bahan yang keluar melalui vaporizer
Reaktor (R-210)	- Temperature Control	Mengontrol suhu alat dengan cara mengatur <i>flowrate</i> dari air pendingin
Absorber (D-310)	- Flow control  - Level Control  - Temperature Control	Untuk mengatur aliran air proses pada saat peristiwa absorpsi Untuk mengatur ketinggian pada alat agar tidak overflow Mengatur suhu bahan tetap pada kondisi operasi
Menara Distilasi (D-320)	Temperature Control	Mengatur temperatur operasi pada menara distilasi

## **BAB IX**

### **PENGOLAHAN LIMBAH INDUSTRI KIMIA**

Peraturan pemerintah republik Indonesia nomor 18 tahun 1999 menjelaskan bahwa limbah adalah sisa suatu usaha dan/atau kegiatan, mengandung bahan berbahaya dan/atau beracun yang karena sifat dan/atau konsentrasinya dan/atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan dan/atau merusakkan lingkungan hidup, dan/atau dapat membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia serta makhluk hidup lain. Pengolahan limbah B3 adalah proses untuk mengubah karakteristik dan komposisi limbah B3 untuk menghilangkan dan/atau mengurangi sifat bahaya dan/atau sifat racun. Upaya pengelolaan limbah dapat dilakukan dengan melaksanakan konsep 4R, yaitu:

- *Reduce*, Prinsip ini dapat dilakukan dengan penerapan peningkatan kinerja prosedur standar operasi yang ketat untuk pencegahan tumpahan bahan-bahan kimia. Selain itu, dapat diterapkan *paperless system* (menerapkan dokumentasi elektronik) untuk mengurangi pemakaian kertas.
- *Reuse*, Prinsip ini dapat direapkan juga pada proses regenerasi larutan Amine pada *Acid Gas*
- *Removal Unit*, proses regenerasi air untuk umpan boiler, pemanfaatan kembali air sungai untuk proses pendinginan serta pemanfaatan kembali *scrap material*.
- *Recovery*, melakukan upaya untuk perolehan kembali bahan-bahan yang berguna.
- *Recycle*, Prinsip *recycle* diterapkan untuk mengelola minyak pelumas bekas. tahap awal dari proses daur ulang adalah proses pemisahan air dan pengotor lain dari minyak pelumas bekas. Tahap berikutnya yaitu proses daur ulang dilakukan dengan cara kerja sama dengan perusahaan pengelola minyak pelumas bekas yang memiliki lisensi dari Kementerian Lingkungan Hidup.



Pengendalian pencemaran akan membawa dampak positif bagi lingkungan karena akan menyebabkan kesehatan masyarakat yang lebih baik, kenyamanan hidup lingkungan sekitar yang lebih tinggi, kerusakan materi yang rendah, dan yang penting adalah kerusakan lingkungan yang rendah. Faktor utama yang harus diperhatikan dalam pengendalian pencemaran ialah karakteristik dari pencemar dan hal tersebut bergantung pada jenis dan konsentrasi senyawa yang dibebaskan ke lingkungan, kondisi geografis sumber pencemar, dan kondisi meteorologis lingkungan. Pada industri kimia umumnya menghasilkan 3 jenis limbah yaitu limbah padat, limbah cair, dan limbah gas.

Pabrik *formaldehide* dari methanol dengan proses metal oxide ini menghasilkan limbah, antara lain:

- Limbah cair

Yang dihasilkan dari air buangan akhir proses, *blowdown boiler*, oil dan minyak pelumas bekas..

- Limbah gas

Limbah gas dihasilkan dari off gas absorber. Off gas absorber mengandung oksigen, nitrogen, karbon dioksida dan karbon monoksida.

Proses pengolahan limbah pada pabrik aseton adalah sebagai berikut:

1. Limbah Cair

- Netralisasi

Netralisasi digunakan untuk mengolah air buangan dari *blowdown boiler*. Hasil pengolahan ini diharapkan memenuhi baku mutu lingkungannya yaitu pH 6-7 dan COD <40 mg/L. Pengolahan secara netralisasi sebagai berikut pH dari limbah diukur dengan menggunakan converter. Jika pH berada pada rentang 6-9 maka air akan dibuang secara otomatis. Jika pH diluar rentang tersebut maka pH dilakukan injeksi bahan kimia.

Jika pH > 9, maka diinjeksi HCl

Jika pH < 6, maka diinjeksi NaOH

- Pengolahan limbah minyak pelumas bekas
-



Minyak pelumas yang telah terpakai untuk generator, pompa dan mesin lain dikumpulkan dan dijual kepada pengumpul pelumas bekas.

- *Final check water point*

Unit ini digunakan untuk memantau air buangan yang telah diolah lalu dibuang kelaut dengan bantuan gravitasi.

## 2. Limbah gas

Sebagian jenis gas dapat dipandang sebagai pencemar udara terutama apabila konsentrasi gas tersebut melebihi tingkat konsentrasi normal. Senyawa pencemar udara itu digolongkan menjadi:

- a. Senyawa pencemar primer adalah senyawa pencemar yang langsung dibebaskan dari sumber.
- b. Senyawa pencemar sekunder adalah senyawa pencemaryang baru terbentuk akibat terjadinya reaksi antara dua atau lebih senyawa primer selama berada di atmosfer. Limbah gas berupa CO<sub>2</sub> dapat diolah menjadi *dry ice*, pemadam kebakaran, atau dijual pada pabrik soda. Untuk limbah gas O<sub>2</sub> dan N<sub>2</sub> dapat dijadikan sebagai bahan baku pembuatan bahan bakar atau bias langsung dibuang ke atmosfer, sedangkan untuk CO dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan fosgen.



Halaman ini sengaja dikosongkan



## **BAB X**

### **KESIMPULAN**

Dari uraian proses pabrik *formaldehyde* dari methanol dengan proses *silver catalyst* ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

#### **1. Rencana Operasi**

Pabrik *formaldehyde* dari methanol ini direncanakan beroperasi secara semi kontinyu selama 330 hari operasi/tahun dan 24 jam/hari.

#### **2. Kapasitas**

Kapasitas pabrik *formaldehyde* dari methanol ini adalah 23000 ton/tahun = 75757,58 kg/hari *formaldehyde* dengan kandungan methanol sebesar 99%.

#### **3. Bahan baku dan bahan pembantu**

Bahan baku yang digunakan adalah methanol dan udara.  
Udara

yang digunakan adalah nitrogen dan oksigen.

Sedangkan bahan pembantunya berupa *water process* sebesar

1,43283 m<sup>3</sup>/hari.

#### **4. Proses**

Pembuatan *formaldehyde* dari methanol dengan proses metal

oxide ini dibagi menjadi 3 tahap, yaitu:

- a) Tahap penyiapan bahan baku
- b) Tahap pembentukan produk
- c) Tahap pemurnian produk



## 5. Utilitas

- Total air sanitasi yang dibutuhkan adalah  $45 \text{ m}^3/\text{hari}$
- Total air pendingin yang dibutuhkan adalah  $20,0635 \text{ m}^3/\text{hari}$
- Total air boiler yang dibutuhkan adalah  $28070,86304 \text{ m}^3/\text{hari}$
- Total air proses yang dibutuhkan adalah  $1,43283 \text{ m}^3/\text{hari}$

## 6. Hasil dan limbah

Hasil utama pabrik *formaldehyde* berupa *formaldehyde* dengan

kadar 37%. Selain itu pabrik *formaldehyde* ini juga menghasilkan limbah yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan

baku industri lain seperti :

- $\text{CO}_2$  dapat digunakan sebagai bahan baku *fly ice* dan bahan baku pabrik pembuatan soda
- CO dapat digunakan sebagai bahan baku pabrik fosgen
- Untuk  $\text{N}_2$  dan  $\text{O}_2$  dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan bahan bakar atau bias langsung dibuang ke atmosfer

## DAFTAR PUSTAKA

- Brownell, Lloyd E. . 1959. *Process Equipment Design Vessel Design*. New York.
- Carothers, J. N. (1928). *Patent No. 1,689,547*. Anniston Alabama.
- Coulson, J.M. . 2005. *Chemical Engineering Design 4th Edition*. Oxford.
- Faith, K. A. (1975). *Industrial Chemicals*. Canada: A Willey-International Publication.
- Geankoplis, Christie J. . 1993. *Transport Processes and Unit Operations 3th Edition*. Minnesota.
- Kern, D.Q., 1950. *Process Heat Transfer*. Singapore: McGraw-Hill.
- Kirk, R.E. dan Othmer, D.F. 1967. *Encyclopedia of Chemical Engineering Technology*, volume1. New York:John Wiley and Sons Inc.
- Levenspiel, Octave. 1999. *Chemical Reaction Engineering 3th Edition*. Oregon.
- Ludwig, Ernest E. . 1999. *Applied Process Design For Chemical and Petrochemical Plants*.United States.
- McCabe, Warren L. . 1993. *Unit Operations of Chemical Engineering 5th Edition*. United States.
- MSDS, 2016. Properties of Trisodium Phosphate. 25 April 2011
- Perry, Robert H. . 2008. *Perry Chemical Engineers Handbook 8th Edition*. Kansas.
- Kern, Donald Q. . 1965. *Process Heat Transfer*. New York.
- Sherve, R. N. (1956). *The Chemical Process Industries*. Tokyo: McGraw-Hill Book Company, Inc.
- Timerhaus, Klaus D. .1991. *Plant Design and Economics for Chemical Engineering*. Colorado: McGraw-Hill.
- Treybal, R. E., 1980. *Mass Transfer Operation*. Singapore: McGraw-Hill.

- Ullmann. (2003). *Ullmann's Encyclopeda of Industrial Chemistry*. New York: John Willey & Sons, Inc.
- Ulrich, G.D., 1984, *A Guide to Chemical Engineering Process*.
- Vogel. (1985). *Anorganik Kualitatif Makro and Semimikro*. Jakarta: PT Kalman Pustaka.
- Wallas, S.M., 1988, *Chemical Process Equipment*, 3<sup>th</sup> ed. Butterworths series in chemical engineering, USA.

**APPENDIKS A  
NERACA MASSA**

Kapasitas pabrik = 23000 ton/ tahun  
= 69696.96 kg/hari

Kondisi operasi = 330 hari

Satuan massa = kg

Basis waktu = 1 jam

Bahan baku = 2904.04 kg/jam

komponen	BM
CH <sub>3</sub> OH	32
H <sub>2</sub> O	18
O <sub>2</sub>	32
N <sub>2</sub>	28
CO <sub>2</sub>	44
CH <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	46
CH <sub>2</sub> O	30
CO	28
H <sub>2</sub>	2

**Komposisi methanol**

komponen	%berat	BM
CH <sub>3</sub> OH	98,85	32
H <sub>2</sub> O	1,15	18

**Komposisi udara**

Komponen	%berat	BM	%mol
N <sub>2</sub>	79	28	22,12
O <sub>2</sub>	21	32	6,72

Asumsi perbandingan feed yang masuk antara udara dan methanol sebesar 2 : 1 (Mc.Ketta).

Basis perhitungan neraca massa = 1000 kg/jam

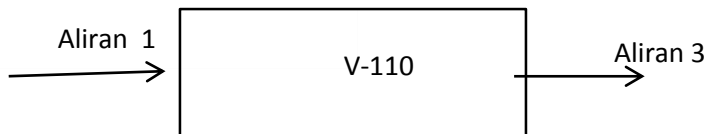
dari hasil perhitungan menggunakan basis didapatkan produk sebesar = 526.8979733

dan dari hasil penyesuaian basis dengan kapasitas didapatkan hasil feed bahan baku sebesar = 5511.580138 kg/jam.

## **Perhitungan Neraca Massa**

### **1. Alat Vaporizer (V-110)**

- Kegunaan : Untuk merubah fase metanol *liquid* ke fase *vapor*
- Asumsi methanol teruapkan 100%
- Bp methanol 64,7 C.
- Kondisi operasi alat 72 C



Neraca massa over all :

$$A1 = A2$$

### **I. Menghitung komponen masuk aliran 1.**

a. Menghitung Feed methanol yang masuk :

Diketahui : rasio feed udara dan methanol = 2:1 (mc ketta)

Feed methanol yang masuk =  $\frac{1}{3} \times 5511.580138 \text{ kg/jam} = 1837.193379 \text{ kg/jam}$

b. Menghitung  $\text{CH}_3\text{OH}$  dalam feed .

%berat  $\text{CH}_3\text{OH}$  dalam feed = 99 %

$\text{CH}_3\text{OH}$  dalam feed =  $0,99 \times 1837.193379 \text{ kg/jam}$   
 = 1818.821445 kg/jam

c. Menghitung  $\text{H}_2\text{O}$  dalam feed

%berat  $\text{H}_2\text{O}$  dalam feed = 1 %

$\text{H}_2\text{O}$  dalam feed =  $0,01 \times 1818.821445 \text{ kg/jam}$   
 = 18.37193379 kg/jam

## II. Menghitung komponen keluar aliran 2.

a. Komponen keluar aliran 2 adalah  $\text{H}_2\text{O}$ .

Assumsi  $\text{H}_2\text{O}$  ikut teruapkan

$\text{H}_2\text{O}$  yang keluar = 18.37193379 kg/jam.

b. Komponen keluar aliran 2 adalah  $\text{CH}_3\text{OH}$

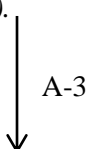
$\text{CH}_3\text{OH}$  yang berubah fase = 100%

$\text{CH}_3\text{OH}$  yang keluar =  $(100/100) \times 1818.821445 \text{ kg/jam}$

Komponen	Aliran masuk	Aliran keluar
	Aliran (1)	Aliran (2)
	Kg	kg
$\text{CH}_3\text{OH}$	1818.821445	1818.821445
$\text{H}_2\text{O}$	18.37193379	18.37193379
Total	1837.193379	

## 2. Alat Reaktor (R-210)

- Kegunaan : Untuk mereaksikan metanol fase *vapor* dan oksigen dengan bantuan katalis *Ag(silver)*.

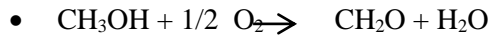




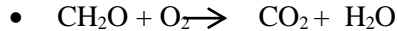


### III. Menghitung komponen keluar aliran 5

Reaksi utama :

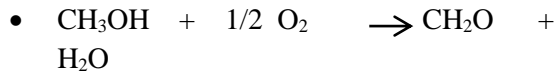


Reaksi samping :



Konversi reactor = 77%

Reaksi utama :



M	56.83817017	24.1131631	0	0
R	43.76539103	21.88269552	43.76539103	
	43.76539103			
S	13.07277914	2.230467587	43.76539103	
	43.76539103			

Konversi reactor = 4,8%

Reaksi samping :

- |   |                       |   |              |  |               |   |                      |
|---|-----------------------|---|--------------|--|---------------|---|----------------------|
|   | $\text{CH}_2\text{O}$ | + | $\text{O}_2$ |  | $\text{CO}_2$ | + | $\text{H}_2\text{O}$ |
| M | 43.76539103           |   |              |  | 2.230467587   |   | 0                    |
| R | 2.10073877            |   |              |  | 2.10073877    |   | 2.10073877           |
|   | 2.10073877            |   |              |  |               |   |                      |
| S | 41.66465226           |   |              |  | 0.129728817   |   | 2.10073877           |
|   | 2.10073877            |   |              |  |               |   |                      |





#### 4. Alat Absorber (D-310)

- Kegunaan : Untuk menyerap CH<sub>3</sub>OH dan CH<sub>2</sub>O

- Neraca massa *over all* :

- Asumsi komponen gas yang tidak larut dalam air

Komponen feed

Komponen	Feed (kg)
CH <sub>3</sub> OH	418.3289325
CH <sub>2</sub> O	1249.939568
H <sub>2</sub> O	825.5903364

terserap 99%                99

lolos 1 %                    1

$$\text{CH}_3\text{OH terserap} = (99/100) \times 418.3289325$$

$$= 414.1456431 \text{ kg}$$

$$\text{CH}_3\text{OH lolos} = (1/100) \times 418.3289325$$

$$= 4.183289325 \text{ kg}$$

$$\text{CH}_2\text{O terserap} = (99/100) \times 1249.939568$$

$$= 1232.136883 \text{ kg}$$

$$\text{CH}_2\text{O lolos} = (1/100) \times 1249.939568$$

$$= 12.49939568 \text{ kg}$$

$$\text{H}_2\text{O terserap} = (99/100) \times 825.5903364$$

$$= 817.3344331 \text{ kg}$$

$$\text{H}_2\text{O lolos} = (1/100) \times 825.5903364$$

$$= 8.255903364 \text{ kg}$$

$$\text{Kebutuhan Air Proses} = 416.5361029 + 1244.58271 + 822.0521093$$

$$= 2483.170922 \text{ kg}$$

agar proses penyerapan lebih sempurna digunakan air proses  
berlebih 10%

Total kebutuhan air

$$= (110/100) \times 2483.170922$$

= 2731.488014 kg

Absorber			
Komponen	Feed (kg)	Terserap (kg)	Lolos (kg)
CH <sub>3</sub> OH	418.3289325	414.1456431	4.183289325
CH <sub>2</sub> O	1249.939568	1237.440172	12.49939568
H <sub>2</sub> O	825.5903364	817.3344331	8.255903364
		total produk air	
		1668.2685	
H <sub>2</sub> O utlitas	1668.2685		
		4137.188749	24.93858837
<b>Total</b>	4162.127337	4162.127337	

## 5. Alat Distilasi (D-320)

- Kegunaan : Untuk memisahkan CH<sub>3</sub>OH dari produk agar bisa digunakan kembali

### Komposisi

#### Feed

N

#### Masuk

#### Distilasi

No	komponen	A	B	C	range suhu	BP
1	CH <sub>3</sub> OH	8	154.990	238.870		68
2	CH <sub>2</sub> O	8	1.078	254.337		80
3	H <sub>2</sub> O	8	1723.6425	233.08		100
Total		24	157.792	493.440		

FEED masuk					
komponen	massa(kg)	fraks massa kg	BM	kmol	fraksi mol
CH <sub>3</sub> OH	414.1456431	0.124748138	32	12.94205135	0.08811811
CH <sub>2</sub> O	1237.440172	0.3727393	30	41.24800574	0.28084391
H <sub>2</sub> O	1668.2685	0.502512563	18	92.68158335	0.63103798
Total	3319.854316	1		146.8716404	1

### Bubble point feed

komponen	Psat	Ki	xi	yi
CH <sub>3</sub> OH	1559.907041	2.052509265	0.08811811	0.18086323
CH <sub>2</sub> O	2968.367846	3.905747166	0.28084391	1.09690530
H <sub>2</sub> O	241.6993464	0.318025456	0.63103798	0.20068614
total			1	1.47845468

celcius      fahrenheit      kelvin  
180              266              453

trial

suhu              453

P              760      Mmhg  
                    1      atm

pake mmhg

pake Kelvin

trial suhu dan P benar

distribusi masing2

komponen

distilat adalah              % distribusi  
                                    X feed

asumsi CH<sub>3</sub>OH 99%  
produk atas semua

distribusi komponen  
produk atas

Bottom adalah Feed -  
distilat

komponen	kmol	fraksi mol	distilat (k mol)	x <sub>D</sub>	bottom (kmol)	x <sub>W</sub>
CH <sub>3</sub> OH	12.94205135	0.08811811	12.94205135	0.992889645	0	0
CH <sub>2</sub> O	41.24800574	0.28084391	0	0	41.24800574	0.308196046
H <sub>2</sub> O	92.68158335	0.63103798	0.092681583	0.007110355	92.58890177	0.691803954
total	146.8716404	1	13.03473293	1	133.8369075	1

distribusi berat masing2  
komp adalah  
neraca massa

komponen	feed (kg)	BM	distilat (kg)	bottom (kg)
CH <sub>3</sub> OH	414.1456431	32	414.1456431	0
CH <sub>2</sub> O	1237.440172	30	0	1237.440172
H <sub>2</sub> O	1668.2685	18	1.6682685	1666.600232
total	3319.854316		415.8139116	2904.040404
total	3319.854316		3319.854316	

kadarproduk atas (distilat)	berat kg/jam	% berat
CH <sub>3</sub> OH	414.1456431	99.59879445
CH <sub>2</sub> O	0	0
H <sub>2</sub> O	1.6682685	0.401205552
total	415.8139116	100

Kadar CH<sub>3</sub>OH pada produk atas 99 %  
maka distribusi komponen memenuhi

Kondisi operasi puncak pada dew  
menara dist point distilat

Komponen	fraksi mol (y <sub>i</sub> )	P <sub>i</sub> saturated	K <sub>i</sub>	x <sub>i</sub> =y <sub>i</sub> /K <sub>i</sub>
CH <sub>3</sub> OH	0.992889645	1559.358087	1.152689301	0.861367971
CH <sub>2</sub> O	0	2968.361433	2.19423524	0
H <sub>2</sub> O	0.007110355	134.3394158	0.099304713	0.071601389
total	1			0.93296936

kondisi operasi dasar bubble point  
menara dist bottom

komponen	x <sub>i</sub>	P <sub>i</sub> saturated	K <sub>i</sub>	y <sub>i</sub> = K <sub>i</sub> .x <sub>i</sub>
CH <sub>3</sub> OH	0	1560.202465	2.05289798	0
CH <sub>2</sub> O	0.308196046	2968.371297	3.905751707	1.203737234

Appendiks A Neraca Massa

H2O	0.691803954	304.9936151	0.401307388	0.277626038
total	1			1.481363272

penentuan komp kunci  
berdasar K  
dari trial bubble point  
feed K komp,

Komponen	Pi saturated	Ki= Pi sat / Ptotal	xi	Yi= Ki. Xi
CH3OH	1559.907041	2.052509265	0.08811811	0.180863237
CH2O	2968.367846	3.905747166	0.28084391	1.096905305
H2O	241.6993464	0.318025456	0.63103798	0.200686141
Total			1	1.478454683

Pemilihan Key comp

Light key

Heavy key

H2O

$\alpha_{ij} = K$

komp/K HK

i= komponen j= heavy key

Komponen	K feed	$\alpha_{ij}$ (F)	K distilat	$\alpha_{ij}$ (D)	K bottom	$\alpha_{ij}$ (B)
CH3OH	2.052509265	6.453915015	1.152689301	11.60759914	2.05289798	5.115525008
CH2O	3.905747166	12.28124068	2.19423524	22.09598289	3.905751707	9.732568651
H2O	0.318025456	1	0.099304713	1	0.401307388	1

Perhitungan reflux minimum

$\alpha$

$(1-q) \sum x_f / ((\alpha_i -$

Underwood=

$\theta)/\alpha_i)$

trial  $\theta$

2.844

Komponen	Xf	$\alpha_i$ (F)	$\alpha_i \cdot (XF)$	$\alpha_i - \theta$	$\alpha_i \cdot (XF) / \alpha_i - \theta$
CH3OH	0.08811811	6.453915015	0.568706792	4	0.157563786
CH2O	0.28084391	12.28124068	3.44911165	9	0.36549974
H2O	0.63103798	1	0.63103798	-2	-0.342111302
total	1				0.180952225

$1-q < 0$

maka feed

masuk pada

super heated vapor

reflux minimum

trial  $\theta$

2.84454

Komponen	XD	$\alpha_i$ (D)	$\alpha_i \cdot (XD)$	$\alpha_i - \theta$	$\alpha_i \cdot (XD) / \alpha_i - \theta$
CH3OH	0.992889645	11.60759914	11.52506498	8.763059135	1.315187402
CH2O	0	22.09598289	0	19.25144289	0
H2O	0.007110355	1	0.007110355	-1.84454	-0.003854812
total	1				1.31133259



$R_{min+1} = 1.31133259$   
 $R_{min} = 0.31133259$   
 optimum reflux ratio  $1.5 \times R_{min}$   
 $0.466998885$   
 $R_{\text{Optimal}} = L/D$   
 $\text{mol distilat} = 13.03473293 \text{ k mol}$   
 $L = 6.087205747 \text{ kmol}$

Komposisi Reflux	xL	Kmol	BM
CH <sub>3</sub> OH	0.992889645	6.04392355	32
CH <sub>2</sub> O	0	0	30
H <sub>2</sub> O	0.007110355	0.043282196	18
total		6.087205747	

Uap keluar menara distilasi menuju kondenser  
 $V = L + D$   
 $V = 6.087205747 + 13.03473293$   
 $V = 19.12193868 \text{ kmol}$

Komposisi Uap (V)	Yv	K mol	BM	Kg
CH <sub>3</sub> OH	0.992889645	18.9859749	32	607.5511968
CH <sub>2</sub> O	0	0	30	0
H <sub>2</sub> O	0.007110355	0.135963779	18	2.44734803
total	1	19.12193868		609.9985448

neraca massa				
komponen	feed (kg)	BM	distilat (kg)	bottom (kg)
CH <sub>3</sub> OH	414.1456431	32	414.1456431	0
CH <sub>2</sub> O	1237.440172	30	0	1237.440172
H <sub>2</sub> O	1668.2685	18	1.6682685	1666.600232
total	3319.854316		3319.854316	

## APPENDIKS B NERACA ENERGI

### Data yang digunakan dalam perhitungan neraca energi

Basis = 1 jam operasi

T referensi = 25 °C

Satuan = Kkal/jam

### Heat Capacity

Rumus yang digunakan untuk gas ideal :

$$C_p = C_1 + C_2 \left( \frac{C_3/T}{\sinh \left( \frac{C_3}{T} \right)} \right)^2 + C_4 \left( \frac{C_5/T}{\cosh \left( \frac{C_5}{T} \right)} \right)^2$$

### Heat Capacity

#### Heat

#### Capacity

gas ideal

joule

perrys

Komponen	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>
CH <sub>3</sub> OH	0,00003 925	0,0000879	0,0019165	0,000005 365	896,7
O <sub>2</sub>	0,00000 291	0,000001004	0,0025265	0,000000 936	1153,8
N <sub>2</sub>	0,00000 2911	0,000000861	0,0017016	5,365E- 08	909,79

*Appendiks B Neraca Energi*

CH <sub>2</sub> O	0,00000 3327	4,9541E-06	0,0018666	0,000002 808	934,9
CHOOH	0,00000 3381	0,000007593	0,0011925	0,000003 18	550
CO	0,00000 2911	0,000000877	0,0030851	0,000000 846	1538,2
CO <sub>2</sub>	0,00000 2937	0,000003454	0,001428	0,000002 64	588
H <sub>2</sub> O	0,00003 336	0,00002679	0,0026105	0,000000 89	1169

Komponen	C1	C2	C3	C4	C5
CH <sub>3</sub> OH	25,2862	- 0,08657297	0,000224158	0	0
O <sub>2</sub>	41,71267	-1,4703997	0,02722688	- 0,022079298	0,668316
N <sub>2</sub>	67,39083	-2,935159	0,059272	-0,00053015	1,790158
CH <sub>2</sub> O	14,7941	0,0067637	0	0	0
CHOOH	18,65634	0,01709806	0	0	0
CO	0,015637531	6,864797	-0,20252621	0,4683444	0
CO <sub>2</sub>	-1,91E+03	24,94443	-0,10356587	0,014352428	0

## Appendiks B Neraca Energi

H2O	66,05243	-0,4995339	0,001941875	-3,37372E-06	2,24E-09
-----	----------	------------	-------------	--------------	----------

Tabel 2-198 *Perry's Chemical Engineers' Handbook*  
by Robert H, Perry, Don W, Green 7'th Edition  
Rumus yang digunakan untuk *liquid* :

$$C_p = C_1 + C_2T + C_3T^2 + C_4T^3 + C_5T^4$$

Tabel 2-221 *Perry's Chemical Engineers' Handbook*  
by Robert H, Perry, Don W, Green 7'th Edition

### Heat of Formation

Komponen	Hf
CH <sub>3</sub> OH	-2,06E+06
O <sub>2</sub>	0
N <sub>2</sub>	0
CH <sub>2</sub> O	-1,09E+06
CHOOH	-2,79E+07
CO	-1,11E+06
CO <sub>2</sub>	-3,94E+06
H <sub>2</sub> O	-2,42E+06

Tabel 2-221 *Perry's Chemical Engineers' Handbook* by Robert H, Perry, Don W, Green 7'th Edition

### Heat of Vaporization

$$H_v = C_1 \times (1 - T_r)^{C_2 + C_3 T_r + C_4 T_r^2}$$

Komponen	C1	C2	C3	C4
CH3OH	5,20E-07	0,3682		

## Appendiks B Neraca Energi

O <sub>2</sub>	9,00E-07	0,4542	-0,4096	0,3183
N <sub>2</sub>	7,49E-07	0,40406	-0,317	0,27343
CH <sub>2</sub> O	3,10E+07	0,2954		
CHOOH	2,40E+07	2,00	(5,15)	3,33
CO	8,60E-07	0,49	(0,33)	0,22
CO <sub>2</sub>	2,17E-07	0,38	(0,43)	0,42
H <sub>2</sub> O	5,20E-07	0,32	(0,21)	0,26

Tabel 2-193 *Perry's Chemical Engineers' Handbook* by  
Robert H, Perry, Don W, Green 7<sup>th</sup> Edition

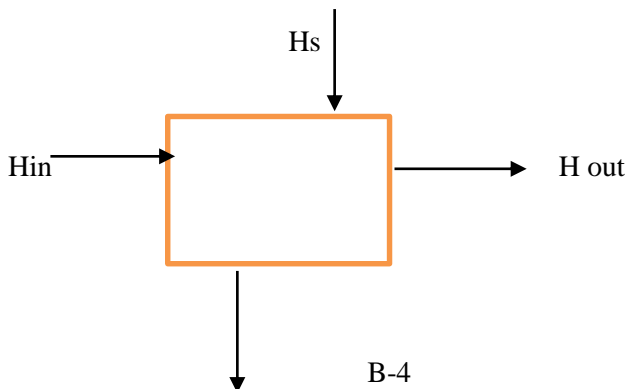
### **1, Alat Vaporizer (V-110)**

Kegunaan : Untuk mengubah fase methanol *liquid* menjadi *vapor*

$$T_{in} = 30 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{out} = 72 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{ref} = 25 \text{ } ^\circ\text{C}$$



## Appendiks B Neraca Energi

Hc

$$H = M \cdot C_P \cdot \Delta T$$

$$\text{neraca energi overall} = H_{\text{in}} + H_s - H_c = H_{\text{out}} + H_v + Q_{\text{loss}}$$

$$\text{asumsi} \quad q_{\text{loss}} = 0.05 \quad Q_{\text{supply}}$$

enthalpy masuk vaporizer

$$\text{asumsi} \quad q_{\text{loss}} = 0.05 \quad Q_{\text{supply}}$$

enthalpy masuk vaporizer

komponen	massa(kmol)	CP(kkal/kmol)	Hin(kkal)
CH <sub>3</sub> OH	56.83817017	97.5651099	5545.422319
H <sub>2</sub> O	1.020662988	90.04288819	91.90344335
total	57.85883316		5637.325763

enthalpy keluar vaporizer

komponen	massa(kmol)	CP(kjoule/kmol)	Hin(kjoule)	Hin(kkal))
CH <sub>3</sub> OH	56.83817017	2145.66191	121955.4968	29128.58258
H <sub>2</sub> O	18.37193379	1590.18759	29214.82112	6977.843165
total	75.21010396		151170.3179	36106.42574

## Appendiks B Neraca Energi

enthalpy penguapan (Hfg)      laten heat  
heat of vaporation

komponen	massa(kmol)	HV(kjoule/kmol)	Hv(kjoule)	hv(kkal)
CH3OH	56.83817	12519.977	711612.61	169978.6
total	56.83817		711612.61	169978.6

neraca energi overall

$H_{in} + H_s$

$-H_c = H_{out} + H_{fg} + Q_{lost}$

$H_{in} + Q_{supply}$

$= H_{out} + H_{fg} + Q_{lost}$

$Q_{supply} - Q_{lost} = H_{out} + H_{fg} - H_{in}$

$Q_{supply} - 0.05 Q_{supply} = H_{out} + H_{fg} - H_{in}$

$0.95 Q_{supply} = 439.032 + 6.02221E-11 - 52.18$

$Q_{Supply}$

$= 210997.61$

$Q_{lost} = 10549.881$

steam yang digunakan

P	1.95	atm	source : IAPWS -IF 1997	
T	250	F		
HV	1164.1	btu/lb	647.12319	KKAL/KG
HL	218.9	btu/lb	121.68651	KKAL/KG
£	945.2	btu/lb	525.43668	KKAL/KG

Menghitung massa steam

$Q_{supply} = m \times £$

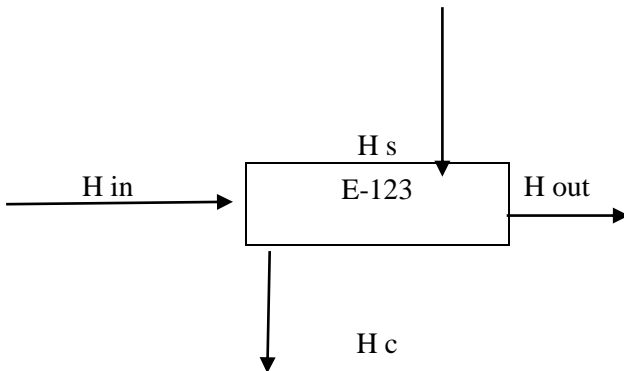
$m = 401.56621$

## Appendiks B Neraca Energi

neraca energi vaporizer over all

	masuk		keluar
Hin	5637.3258	H out	36106.426
Q supply	210997.61	H V	169978.63
		Q Loss	10549.881
total	216634.94		216634.94

### 2. HEATER



$$H = M C_P$$

$$\Delta T$$

$$\text{neraca energi overall} = H_{in} + H_s - H_c = H_{out} + H_v + Q_{loss}$$

$$\text{asumsi} \quad q_{loss} = 0.05 \quad Q_{supply}$$

enthalpy masuk heater

komponen	massa(kmol)	CP(kjoule/kmol)	Hin(kjoule)	Hin( Kkal)
O2	24.113163	146.9650829	3543.793015	846.4207864



## Appendiks B Neraca Energi

N2	103.6702	145.8695752	15122.32772	3611.907487
total	127.78336		18666.12073	4458.328273

enthalpy keluar heater

komponen	massa(kmol)	CP(kjoule/kmol)	Hin(kjoule)	Hin( Kkal)
O2	24.113163	1389.205798	33498.14599	8000.898178
N2	103.6702	1371.018489	142133.758	33948.07955
total	127.78336		175631.904	41948.97773

neraca energi overall

$$H_{in} + H_s - H_c = H_{out} + Q_{lost}$$

$$H_{In} + Q_{supply} = H_{out} + Q_{lost}$$

$$Q_{supply} - Q_{lost} = H_{out} - H_{in}$$

$$Q_{supply} - 0.05 Q_{supply} = H_{out} - H_{in}$$

$$0.95 Q_{supply} = H_{out} - H_{in}$$

$$Q_{supply} = 39463.84154$$

$$Q_{loss} = 1973.192077$$

steam yang digunakan

source : IAPWS -IF  
1997

P	c	kPA		
T		150	C	
HV		1180.9	btu/lb	656.4623 KKAL/KG
HL		273.8	btu/lb	152.2054 KKAL/KG
£		907.1	btu/lb	504.2569 KKAL/KG

Menghitung massa

steam

$$Q_{supply} = m \times £$$

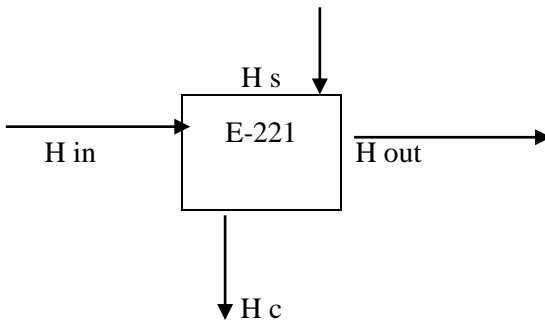
## Appendiks B Neraca Energi

$$m = 78.26138 \text{ kg}$$

neraca energi heater over all

	masuk		keluar
Hin	4458.328273	H out	41948.98
Q supply	39463.84154	Q Loss	1973.192
total	43922.17		43922.17

### 3. Super Heater



kegunaan : untuk menaikkan suhu campuran methanol,oksigen dan nitrogen sebelum masuk reaktor

Tin	72	c	345	k
TOUT	600	c	873	k

## Appendiks B Neraca Energi

T ref	25	c	298	k
H= M CP ΔT				

$$\text{neraca energi overall} = H_{in} + H_s - H_c = H_{out} + H_v + Q_{loss}$$

$$\text{asumsi} \quad q_{loss} = 0.05 \quad Q_{supply}$$

enthalpy masuk heater

enthalpy masuk heater

komponen	massa(kmol)	CP(kjoule/kmol)	H <sub>in</sub> (kjoule)	H <sub>in</sub> (Kkal)
CH <sub>3</sub> OH	56.8382	2145.662	121955.5	29129
N <sub>2</sub>	103.67	1371.018	142133.8	33948
O <sub>2</sub>	24.1132	1389.206	33498.15	8000.9
total	0		1389.206	71078

enthalpy keluar super heater

komponen	massa(kmol)	CP(kjoule/kmol)	H <sub>in</sub> (kjoule)	H <sub>in</sub> (Kkal)
CH <sub>3</sub> OH	56.83817	37449.91126	2128584.429	508403.8765
N <sub>2</sub>	103.6702	17379.93716	1801781.523	430348.3097
O <sub>2</sub>	24.113163	18357.50482	442657.5079	105726.9751
total	184.62153		4373023.46	1044479.161

neraca energi overall

$$H_{in} + H_s - H_c = H_{out} + Q_{lost}$$

## Appendiks B Neraca Energi

$$\begin{aligned}
 & \text{H In} + \text{Q supply} = \text{H out} + \text{Q lost} \\
 & \text{Q supply} - \text{Q lost} = \text{H out} - \text{H in} \\
 & \text{Q supply} - 0.05 \text{ Q supply} = \text{H out} - \text{H in} \\
 & 0.95 \text{ Q supply} = \text{H out} - \text{H in} \\
 & \text{Q supply} = 1024633.264 \\
 & \text{Q loss} = 51231.66321
 \end{aligned}$$

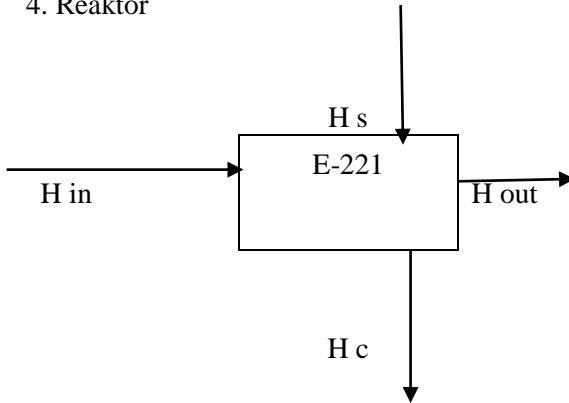
menghitung steam yang digunakan

P	55 atm	source : IAPWS -IF
T superheated	700 C	1997
Menghitung massa steam		T saturated 270.81
		$\Delta T$ 429.19
Q supply =	m.cp. $\Delta T$	m = massa
m steam =	Q /cp. $\Delta T$	m = cp air
		(suhu superheated- suhu saturated)
m steam =	2387.3652 $\Delta T$	

neraca energi super heater over all

	masuk		keluar
Hin	71077.56	H out	1044479.161
Q supply	1024633.3	Q Loss	51231.66321
total	1095710.8		1095710.8

4. Reaktor



Neraca Energi overall

$$H_{in} + DH_{reaksi} = H_{out} + Q_{serap}$$

T <sub>in</sub>	600	c	873	k
T <sub>OUT</sub>	620	c	893	k
T <sub>ref</sub>	25	c	298	k

0 c 273 k

enthalpy  
masuk reaktor  
enthalpy  
masuk reaktor

didapatkan dari entalphy keluar  
superheater

1044479.2

enthalpy keluar reaktor      didapatkan dari entalphy keluar superheater

## Appendiks B Neraca Energi

komponen	massa(kmol)	CP(kjoule/kmol)	Hin(kjoule)	Hin( Kkal)
CH <sub>3</sub> OH	13.07277914	42218.045	551907.18	131820.8222
H <sub>2</sub> O	45.8661298	21790.9	999464.25	238718.0374
N <sub>2</sub>	103.6701978	17397.471	1803599.2	430782.4652
O <sub>2</sub>	0.129728817	19024.648	2468.0451	589.4827093
CH <sub>2</sub> O	41.66465226	29712.4	1237956.8	295681.0361
CO <sub>2</sub>	2.10073877	30968.425	65056.571	15538.50167
total	206.5042266			1113130.345

Neraca Energi total :

$H_{IN} + \Delta H_r = H_{keluar} + Q_{serap}$

8448070.68 = 1113130.35 + Q serap

$Q_{serap} = 7334940.335$

perhitungan kebutuhan air pendingin

suhu air masuk 30 c (ulrich)

suhu air pendingin keluar 340 c

cp air pendingin 1 kkal/kg

lamda air 540 kkal/kg

$Q_{serap} = (M \times cp \times \Delta T) + (M \times \lambda)$

M air pendingin = 24201.0979

## Appendiks B Neraca Energi

neraca energi Reaktor over all

	masuk		keluar
Hin	1044479.161	H out	1113130.3
Hr	7403591.519	Q serap	7334940.3
total	8448070.7		8448070.7

### 5. WHB

kegunaan : sebagai pengasi steam dari proses pendinginan produk reaktor.

Tin	620	c	893	k
TOUT	125	c	398	k
T ref	25	c	298	k
	0	c	273	k

H out + Q

Neraca energi Overall :      H In =      serap

enthalphy keluar WHB

komponen	massa(kmol)	CP(kjoule/kmol)	Hin(kjoule)	Hin(Kkal)
CH3OH	13.07277914	4773.377434	62401.30895	14904.303
H2O	45.8661298	3404.424223	156147.7633	37295.269
N2	103.6701978	2919.171841	302631.1223	72282.233
O2	0.129728817	2977.657539	386.2879915	92.263342
CH2O	41.66465226	3710.838298	154610.7873	36928.168
CO2	2.10073877	2926.915199	6148.684233	1468.5886
total	206.5042266			162970.82

## Appendiks B Neraca Energi

Neraca energi Overall :

$$H_{In} = H_{out} + Q_{serap}$$

Neraca energi Overall :

$$H_{In} = H_{out} + Q_{serap}$$

$$1113130.345 = 162970.8248 + 950159.5205$$

Q serap = 950159.5205  
perhitungan kebutuhan air pendingin

suhu air

masuk 30 c (ulrich)

suhu steam keluar 210

$$\lambda = 453.8 \text{ kkal/kg}$$

neraca energi WHB

	masuk		keluar
Hin	1113130.345	H out	162970.8248
		Q serap	950159.5205
total	1113130.345		1113130.345

6. cooler

kegunaan : untuk mendinginkan produk dari WHB dan dipersiapkan sebagai bahan feed di absorber

Tin	125	c	398	k
TOUT	80	c	353	k
T ref	25	c	298	k

enthalphy keluar Cooler



## Appendiks B Neraca Energi

komponen	massa(kmol)	CP(kjoule/kmol)	Hin(kjoule)	Hin(Kkal)
CH <sub>3</sub> OH	13.0727791	2528.19	33050	7893.96
H <sub>2</sub> O	45.8661298	1862.56	85428	20404.2
N <sub>2</sub>	103.670198	1604.46	166335	39728.4
O <sub>2</sub>	0.12972882	1627.44	211.13	50.4266
CH <sub>2</sub> O	41.6646523	1986.55	82769	19769
CO <sub>2</sub>	2.10073877	1607.29	3376.5	806.463
total	206.504227			88652.5

Neraca energi Overall :

$$\begin{aligned}
 H_{\text{In}} &= H_{\text{out}} + Q_{\text{serap}} \\
 162970.8248 &= 88652.5 + Q_{\text{serap}}
 \end{aligned}$$

$$Q_{\text{serap}} = 74318.3022$$

perhitungan kebutuhan air pendingin

suhu air

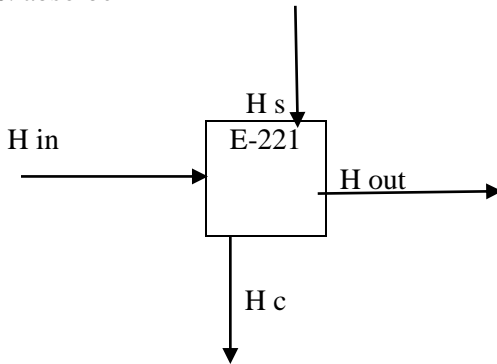
masuk 30 c (ulrich)

suhu air pendingin keluar 45 (ulrich)

neraca energi cooler over  
all

masuk		keluar	
Hin	162970.8248	H out	88652.52265
		Q serap	74318.30218
total	162970.8248		162970.8248

6. absorber



kegunaan : utk menyerap dan merubah fase gas formaldehyde dan methanol menjadi fase liquid

T <sub>in</sub>	80	c	353	k
T <sub>OUT</sub>	30	c	303	k
T <sub>ref</sub>	25	c	298	k
	0	c	273	k

NERACA ABSORBER

OVERALL

H<sub>bahan masuk</sub> + H<sub>solution</sub> = H<sub>bahan keluar</sub> + Q<sub>serap</sub>

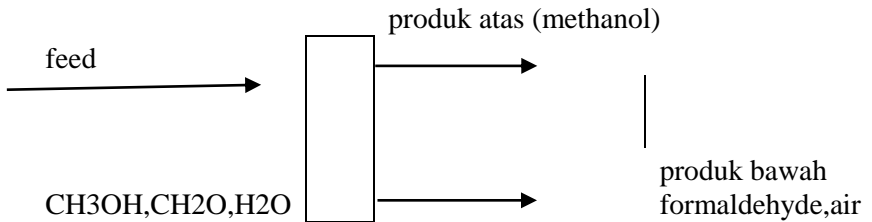
Q<sub>serap</sub> = 371508.1352 kkal

neraca energi absorb

	masuk		keluar
H <sub>in</sub>	238868.2367	H <sub>out</sub>	522734.18
H <sub>solution</sub>	655374.0763	Q <sub>serap</sub>	371508.14
total	894242.31		894242.31

## Appendiks B Neraca Energi

### 7. distilasi



Neraca energi total

$$\Delta H_{\text{masuk}} + Q_{\text{reboiling}} = \Delta H_{\text{Keluar}} + Q_{\text{kondensation}} + Q_{\text{loss}}$$

$$F \cdot H_f + Q_{\text{reboiling}} = D \cdot h_d + B \cdot h_b + Q_{\text{kondensation}} + Q_{\text{loss}}$$

T feed	30	c	303	k
T Distilat	70	c	343	k
T bottom	95	c	368	k
T reference	25	c	298	k
T produk distilat	30	c	303	

enthalpy feed (FHf)

enthalpy masuk = enthalpy keluar absorber

menghitung enthalpy produk distilat

komponen	massa	massa(kmol)	CP(kkal/kmol)	Hin(kkal)
CH <sub>3</sub> OH	414.1456431	12.9421	97.56511	1262.69
H <sub>2</sub> O	1.6682685	0.09268	90.042888	8.34532
CH <sub>2</sub> O	0	0	84.132959	0
total	415.8139116	13.0347	187.608	1271.04

## Appendiks B Neraca Energi

menghitung enthalphy  
reflux LHL

komponen	massa	massa(kmol)	CP(kkal/kmol)	Hin(kkal)
CH <sub>3</sub> OH	224.6737248	7.021053899	97.5651099	685.0098953
H <sub>2</sub> O	0.905034507	0.050279695	90.04288819	4.527328939
CH <sub>2</sub> O	0	0	84.13295925	0
total	225.5787593	7.071333594	187.6079981	689.5372242

menghitung enthalphy vapor masuk pada kondensor

komponen	massa	massa(kmol)	CP(kjoule/kmol)	Hin(kjoule)	Hin(kkal)
CH <sub>3</sub> OH	638.81937	19.96310525	2050.81658	40940.66722	9778.515
H <sub>2</sub> O	2.573303	0.142961278	1522.17389	217.611925	51.97574
CH <sub>2</sub> O	0	0	1312.665712	0	0
total	641.39267	20.10606653	4885.656182	41158.27915	9830.49

komponen	T	T <sub>c</sub>	TR
CH <sub>3</sub> OH	343	512.4	0.669398907
H <sub>2</sub> O	343	647.14	0.530024415
CH <sub>2</sub> O	343	408	0.840686275

menghitung panas laten

komponen	massa (kmol)	H <sub>v</sub> (kkal/kmol)	laten heat(kkal)
CH <sub>3</sub> OH	19.963105	12519.99047	249937.8874
total		12519.99047	249937.8874

## Appendiks B Neraca Energi

menghitung enthalpy bottom

komponen	massa	massa(kmol)	CP(kkal/kmol)	Hin(kkal)
H <sub>2</sub> O	1666.6002	92.58890177	2046.557892	189488.5476
CH <sub>2</sub> O	1237.4402	41.24800574	2551.361699	105238.582
total	1237.4402	133.8369075	2046.557892	294727.1296

komponen	T	T <sub>c</sub>	TR
CH <sub>3</sub> OH	368	512.4	0.718188915
H <sub>2</sub> O	368	647.14	0.568655932
CH <sub>2</sub> O	368	408	0.901960784

menghitung enthalpy bottom

komponen	massa	massa(kmol)	CP(kkal/kmol)	Hin(kkal)
H <sub>2</sub> O	1666.600232	92.58890177	2046.557892	189488.5476
CH <sub>2</sub> O	1237.440172	41.24800574	2551.361699	105238.582
total	1237.440172	133.8369075	2046.557892	294727.1296

menghitung panas laten reboiler

menghitung panas laten

komponen	massa (kmol)	Hv(kjoule/kmol)	laten heat(kkal)
CH <sub>3</sub> OH	92.58890177	12519.815	1159195.879
total		12519.815	1159195.879

menghitung Q kondesasi =  $(V_{hv} + \lambda) - D_{hd} - L_{hl}$

$V_{hv}$  = enthalpyh vapor masuk kondensor

$D_{hd}$  = enthalpy distilat

## Appendiks B Neraca Energi

Lhl = enthalpy reflux

$\lambda$  = laten heat

Q kondensasi =

kebutuhan air pendingin

suhu air pendingin masuk = 30°C (ULRICH : 427)

Suhu air pendingin keluar = 45°C

CP air pendingin = 1 kkal/kg°C (PERRY ED 6)

Q serap = m.c.  $\Delta T$

M air pendingin =  $Q_{\text{serap}} / (cp \Delta t)$

M air pendingin

= 5005.158 kg

Neraca energi total

$\Delta H_{\text{masuk}} + Q_{\text{reboiling}} = \Delta H_{\text{Keluar}} + Q_{\text{kondensation}} + Q_{\text{loss}}$

$F_{\text{Hf}} + Q_{\text{reboiling}} = D_{\text{hd}} + B_{\text{Hb}} + Q_{\text{kondensation}} + Q_{\text{loss}}$

$F_{\text{Hf}} = 519028.7752 \text{ kkal}$

$D_{\text{hd}} = 1271.03798 \text{ kkal}$

$B_{\text{hb}} = 1453923.009 \text{ kkal}$

$Q_{\text{konden}} = 257807.8026 \text{ kkal}$

asumsi  $Q_{\text{loss}} = 5\% Q_{\text{reboiling}}$  (kehilangan maksimum 10% maksimal, ulrich 432)

$Q_{\text{reboiling}} = D_{\text{hd}} + B_{\text{hb}} + Q_{\text{konden}} + 5\% Q_{\text{reboiling}}$

$95\% Q_{\text{reboiling}} = D_{\text{hd}} + B_{\text{hb}}$

$+ Q_{\text{konden}} - F_{\text{Hf}}$

$95\% Q$

reboiling = 1193973.074

## Appendiks B Neraca Energi

Q reboiling	1256813.762
Q loss	62840.68812
steam yang digunakan	

P	1.9	atm abs	source : IAPWS -IF 1997	
T	120	C		
HV	2706.2	kJ/kg	632.9503923	KKAL/KG
HL	503.81	kJ/kg	117.8350088	KKAL/KG
£	2202.4	kJ/kg	515.1153834	KKAL/KG

### Menghitung massa steam

Q supply = m x c x ΔT  
m steam = 2439.9 kg

neraca energi Distilasi over all

	masuk		keluar
Hin	519028.7752	H out	1455194.047
Q reboiling	1256813.762	Q kondens/Q serap	257807.8026
		Q loss	62840.68812
total	1775842.538		1775842.538

## APPENDIKS C SPESIFIKASI ALAT

### Tangki methanol

Fungsi : Menampung methanol dari suplier

Type : Silinder tegak, tutup bawah datar dan tutup atas dish

Dasar pemilihan : Umum digunakan untuk liquid pada tekanan atmosferik

Kondisi operasi :

Tekanan : 1 atm

Suhu : 30 C

Waktu penyimpan : 7 hari

### Bahan masuk

Komponen	Massa	Fraksi massa	Density ( gr/cc)
CH3OH	1818.82	0.99	0.79
H2O	18.3719	0.01	1
	1837.19		

$$\text{Density campuran} = \frac{\sum \text{fraksi berat}}{\text{Density komp}} \times 62.43$$

$$= \frac{0.99 \times 62.43}{0.78} + \frac{0.01}{1}$$

$$= 49.42 \text{ lb/cuft}$$

$$\begin{aligned} \text{Rate massa} &= 1837.19 \text{ kg} \\ &4050.28 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

$$\text{Density campuran} = 49.42 \text{ lb/cuft}$$

$$\text{Rate volumetrik} = \frac{\text{rate massa}}{\text{Density campuran}}$$



## Appendiks C Spesifikasi Alat

$$\begin{aligned}
 & \text{densitas} \\
 &= \frac{4050.28}{49.42} \text{ lb/cuft} \\
 &= 81.9562 \text{ cuft/jam} \\
 &= 82 \text{ cuft/jam}
 \end{aligned}$$

Direncanakan penyimpanan untuk 7 hari dengan 8 buah tangki ( memudahkan proses pengisian dan pengosongan ), sehingga volume masing-masing tangki adalah

$$= \frac{81.605 \text{ cuft/jam} \times (7 \times 24 \text{ jam})}{8 \text{ tangki}}$$

Asumsi bahan mengisi 80% volume tangki ( faktor keamanan)  
Maka Volume tangki adalah =  $1713.6 \times (100/80)$

$$= 2142 \text{ cuft}$$

Menentukan ukuran tangki dan ketebalannya

H/D

Asumsi dimensi ratio = 1 Ulrich Tab 4-27

$$\text{Volume} = \frac{1}{4} \pi (D^2) H$$

$$\begin{aligned}
 D &= 29 \text{ ft} & 348 \text{ in} \\
 &= 29 \text{ ft} & 348 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Menentukan tebal minimum shell

Tebal shell berdasarkan ASME code untuk cylindrical tank

$$t_{\min} = \frac{P \times r_i}{fE - 0.6P} + C \quad (\text{Brownell pers 13-1 hal 254})$$

dengan

$t_{\min}$  : tebal shell minimum (in)

P : Tekanan Tangki (psi)

$r_i$  : jari-jari tangki (in)

C : faktor korosi (in) digunakan 1/8 in

## *Appendiks C Spesifikasi Alat*

E : faktor pengelasan , digunakan double welded E = 0.80  
 f : Stress allowable, bahan konstruksi Carbon steel SA-283 grade C maka f= 12650 psi ( Brownell T 13.1)

P Operasi = P hidrostatik

P

$$\begin{aligned} \text{Hidrostatik} &= \frac{\rho \times H}{144,0} \\ &= \frac{49.42 \times (80\% \times 29)}{144,0} \\ &= 7.96211 \\ &= 8 \quad \text{psi} \end{aligned}$$

P design diambil 10% dari P operasi untuk faktor keamanan

$$\begin{aligned} P \text{ design} &= 1,1 \times 8 = 8.8 \quad \text{psi} \\ &= 9 \quad \text{psi} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R &= \frac{1/2 \times 348}{174} \quad \text{in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t \text{ min} &= \frac{9 \times 174}{(12650 \times 0.8) - (0.6 \times 9)} + 0.125 \\ &= 0.28 \quad \text{in} \\ &= (3/8) \quad \text{in} \end{aligned}$$

Untuk tebal tutup atas, karena tekanan atmosferic, maka disamakan dengan tebal shell. Untuk tebal tutup bawah karena tutup bawah datar tutup bawah menumpang di atas semen (pondasi), maka tebal tutup 1/4 in (Brownell hal 58)

Spesifikasi :

Fungsi : Menampung methanol dari supplier

### *Appendiks C Spesifikasi Alat*

Type : Silinder tegak, tutup bawah datar dan tutup atas disch

Volume: 1713.6 cuft

Diameter : 29 ft

Tinggi : 29 ft

Tebal shell : 3/8 in

Tebal tutup atas : 1/4 in

Bahan konstruksi : Carbon Steel SA 283 grade C ( Brownell 253)

Jumlah : 8 buah

## Appendiks C Spesifikasi Alat

### Blower

Fungsi : Menghembuskan udara ke preheater

Tipe : Centrifugaal

Dasar pemilihan: Jenis blower dapat digunakan untuk kapasitas besar

$$\text{massa udara masuk} = \text{Massa O}_2 + \text{massa N}_2$$

$$= 771.621219 + 2902.76554$$

$$= 3674.38676 \text{ kg/jam}$$

$$= 61.2397793 \text{ kg/menit}$$

$$V \text{ udara} = 52.7929132 \text{ m}^3/\text{menit} \quad 1856.37 \text{ cuft/menit}$$

$$T \text{ udara} = 30 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$303 \text{ K}$$

$$P_1 = 1 \text{ atm} \quad 14.7 \text{ psi}$$

$$P_2 = 1.3 \text{ atm} \quad 19.1 \text{ psi}$$

$$\text{Density udara} = 1 \text{ kg/m}^3 \text{ geankoplis}$$

$$Y \text{ udara} = 1.4$$

$$BM \text{ udara} = 28.84$$

Asumsi aliran turbulen

Diameter pipa optimum

$$= 12 \text{ in sch } 40$$

$$OD = 13 \text{ in} \quad (\text{Foust, App. C6A})$$

$$ID = 12 \text{ in} \quad A = 15.8 \text{ in}^2$$

$$HP = 0.0044 Q \times P_1 \times \ln P_2/P_1 \quad (\text{Perry 6 th edition})$$

$$\ln P_2/p_1 = 0.26184084$$

$$= 314.392328 \text{ HP}$$

Asumsi

$$\text{effisiensi} = 0.8$$

### *Appendiks C Spesifikasi Alat*

HP act = 392.990411 HP

Resume spesifikasi Blower

Fungsi : Menghembuskan udara ke preheater

Tipe : Centrifugaal

Rate volumetrik: 1856.37 cuft/ menit1856.37

effisiensi : 80%

Power : 392.99 HP

Jumlah : 1 buah

**Vaporizer**

Fungsi : Menguapkan methanol pada suhu 68 C

Type : Silinder horizontal, tutup dished dilengkapi jaket pemanas

Operasi : Continuous

$$\text{Rate mass} = 1837.19338 \text{ kg/jam}$$

$$= 4049.17421 \text{ lb/jam}$$

$$\text{Rate volumetrik} = \text{Rate massa/ Densitas}$$

$$= 82.1166945 \text{ cuft/jam}$$

$$\text{Waktu operasi} = 60 \text{ menit}$$

Direncanakan digunakan 1 buah tangki untuk 1 kali proses

$$\text{Volume bahan} = 82.1166945 \text{ X 1 jam}$$

$$= 82.1166945$$

Asumsi volume bahajn mengisi 50% volume tangki ( 50% ruang uap)

$$\text{Voluime tangki} = 82.1166945 \text{ X } (100/50)$$

$$= 164.233389 \text{ cuft}$$

Menentukan ukuran tangki dan ketebalnnya

$$\text{Diambil dimensi ratio} \quad L/D = 3$$

Dengan mengabaikan Volume dishead

$$\text{Volume tangki} = 1/4 \pi (D^2) L$$

$$164.2333891 = 1/4 \pi (D^2) 3D$$

$$D = 10 \text{ ft}$$

$$= 120 \text{ in}$$

$$H = 30 \text{ ft}$$

$$= 360 \text{ in}$$

Penentun tebal shell

## Appendiks C Spesifikasi Alat

Tebal shell berdasarkan ASME Code untuk cylindrical tank

$$t_{\min} =$$

$$\frac{P \times r_i}{fE - 0.6P} + C \quad (\text{Brownell pers 13-1 hal 254})$$

Dengan

$t_{\min}$  : tebal shell minimum (in)

P : Tekanan Tangki (psi)

$r_i$  : jari-jari tangki (in)

C : faktor korosi (in) digunakan 1/8 in

E : faktor pengelasan, digunakan double welded E = 0.80

f : Stress allowable, bahan konstruksi Carbon steel SA-283 grade C maka  $f = 12650$  psi (Brownell T 13.1)

$$P_{\text{operasi}} = 1 \text{ atm}$$

$$= 14.7 \text{ psi}$$

P design diambil 10% dari P operasi untuk faktor keamanan

$$P_{\text{design}} = 1.1 \times 14.7$$

$$= 16.17 \text{ psi}$$

$$r = 1/2 \times D$$

$$= (1/2) \times 120$$

$$= 60 \text{ in}$$

$$t_{\min} = \frac{17 \times 60}{(12650 \times 0.8) - (0.6 \times 17)} + 0.125$$

$$= 0.226 \text{ in}$$

$$\text{digunakan } t = (1/4) \text{ in}$$

Dimensi tutup, standar dished

Untuk  $D=120$ , didapat  $r_c = 114$  in (Brownell & Youg) T-5.7

## Appendiks C Spesifikasi Alat

Tebal standar torispherical dished

$$th = \frac{0.885 \times P \times rc}{fE - 0.1P} + C \quad (\text{Brownell pers 13.12})$$

Dengan

- th : tebal dished minimum (in)
- P : Tekanan Tangki (psi)
- rc : crown radius (in)
- C : faktor korosi (in) digunakan 1/8 in
- E : faktor pengelasan , digunakan double welded E = 0.80
- f : Stress allowable, bahan konstruksi Carbon steel SA-283 grade C maka f= 12650 psi ( Brownell T 13.1)

$$th = \frac{0.885 \times 17 \times 114}{(12650 \times 0.8) - (0.1 \times 17)} + 0.125$$

$$= 0.295 \text{ in}$$

digunakan t= 3/8 in

Perhitungan jacket

Perhitungan sistem penjaga suhu (Kern)

Dari neraca panas

suhu yng dijaga	=	72	C		
Q	=	216635	kkal/jam	856360.84	btu/jam
suhu masuk	=	30	C	86	F
suhu keluar	=	72	C	161.6	F
ΔT	=	75.6	F		
kebutuhan media	=	401.57	kg/jam		
	=	885.05	lb/jam		
Densitas media	=	0.1	lb/cuft		



## Appendiks C Spesifikasi Alat

$$\begin{aligned}
 \text{Rate volumetrik} &= \frac{\text{rate bahan}}{\text{densitas}} \\
 &= 8850.5 \quad \text{cuft/jam} \\
 &= 2.4585 \quad \text{cuft/ dtk} \\
 \text{asumsi kec. Aliran} & \\
 10 &\quad \text{ft/dt ( Kern, T.12)} \\
 \text{Luas penampang} &= \frac{\text{rate volumetrik}}{\text{kecepatan aliran}} \\
 &= 0.2458 \quad \text{ft}^2 \\
 \text{Luas penampang} &= \frac{1}{4} \pi (D_2^2 - D_1^2) \\
 \text{Dengan} \quad D_2 &\quad \text{(diameter dalam jacket)} \\
 \quad \quad D_1 &\quad \text{(diameter luar bejana)} \\
 D_1 &= D_i \text{ bejana} + (2 \times \text{tebal}) \\
 &= 30 + 2 \quad (1/4 \text{ in} = 0.03 \text{ ft}) \\
 &= 30.06 \quad \text{ft} \\
 \text{Luas penampang} &= \frac{1}{4} \pi (D_2^2 - D_1^2) \\
 &= \frac{1}{4} \pi (D_2^2 - 30.06^2) \\
 0.245847755 &= ) \\
 D_2 &= 30.07 \quad \text{ft} \\
 \text{Spasi} &= \frac{D_2 - D_1}{2,0} \\
 &= (30.07 - 30.06) / 2 \\
 &= 0.005 \quad \text{ft} \\
 &= 0.6 \quad \text{in} \\
 &= 1 \frac{1}{6} \quad \text{in} \\
 \text{Perhitungan tinggi jacket} & \\
 UD &= 100 \quad \text{(Kern T.8)} \\
 A &= Q / UD \times \Delta T \\
 &= \frac{856361}{100 \times 101.2} \\
 &= 113.28 \quad \text{ft}^2 \\
 A_{\text{jacket}} &= A_{\text{shell}} + A_{\text{dished}} \\
 A_{\text{shell}} &= \pi D H \quad (\text{silinder}) \\
 A_{\text{dished}} &= 6.28 \times r_c \times h \quad (\text{Hese})
 \end{aligned}$$

### *Appendiks C Spesifikasi Alat*

rc	=	radius of crown
	=	114 in
	=	9.5 ft
h	=	tinggi dished
	=	1.43 ft
A dished	=	85.314 ft <sup>2</sup>
A jacket	=	A shell + A dished
		$(\pi \cdot (30.07) \cdot h) +$
113.2752434	=	85.3138
h jacket	=	5.9 ft
tinggi tangki	=	10 ft

#### Spesifikasi

Fungsi : Menguapkan Methanol pada suhu 68 C

Type : Silinder horizontal, tutup dished dilengkapi jacekt pemanas

#### Dimensi shell

Diameter shell ijnside : 10 ft

Panjang shell : 30 ft

Tebal shell : 1/4 in

#### Dimensi tutup

Tebal tutup atas ,dished : 3/8 in

Tebal tutup : 1.43 ft

Bahan konstruksi : Carbon stell SA-283 Grade C

JUmlah tangki : 1 buah ( continous)

## 5. Reaktor

Fungsi : Mereaksikan metanol fase vapor dan udara dengan bantuan katalis Ag

Tujuan :

1. Menentukan kondisi umpan
2. Menghitung tinggi reaktor
3. Menghitung volume reaktor

Berdasarkan Turton, 2009 karena suhu reaktor yang tinggi reaksinya bisa dianggap seketika

### 1. Menentukan Kondisi Feed

Menghitung BM Feed

Untuk menghitung BM feed digunakan persamaan :

$$BM = \sum (Y_i \times B_{mi})$$

Laju Feed = 5493.21 kg/jam

Komponen	BM	kmol/jam	Y <sub>i</sub>	Y <sub>i</sub> x B <sub>mi</sub>
O <sub>2</sub>	32	24.11	0.1302	4.166519
N <sub>2</sub>	28	103.67	0.55979	15.674048
CH <sub>3</sub> OH	32	56.84	0.30691	9.8210806
H <sub>2</sub> O	18	0.57	0.0031	0.0558016
TOTAL		185.20	1	29.717449

Data yang digunakan untuk P<sub>c</sub>, T<sub>c</sub>, dan ω diperoleh dari Yaws

Komponen	Y <sub>i</sub>	P <sub>c</sub> (atm)	T <sub>c</sub> (K)	ω	Y <sub>i</sub> x P <sub>c</sub>	Y <sub>i</sub> x T <sub>c</sub>	Y <sub>i</sub> x ω
O <sub>2</sub>	0.1302	49.7705	154.6	0.022	6.48031	20.127	0.003
N <sub>2</sub>	0.55979	33.4962	126.1	0.04	18.7507	70.589	0.022
CH <sub>3</sub> OH	0.30691	79.9013	512.6	0.566	24.5224	157.32	0.174
H <sub>2</sub> O	0.0031	217.666	647.1	0.345	0.67478	2.0062	0.001

## Appendiks C Spesifikasi Alat

TOTAL	1	380.834	1440	0.973	50.4282	250.04	0.2
-------	---	---------	------	-------	---------	--------	-----

Feed masuk reaktor pada kondisi :

$$T = 600 \text{ }^{\circ}\text{C} = 873 \text{ K}$$

$$P = 1.3 \text{ atm}$$

$$T_C = 250 \text{ K} \quad P_C = 50.43 \text{ Atm} \quad \omega = 0.2$$

$$T_R = \frac{T}{T_C}$$

$$= 3.49$$

$$B^0 = 0.083 - \frac{0.4}{(T_R)^{1.6}}$$

$$= 0.025918$$

$$P_R = \frac{P}{P_C}$$

$$= 0.03$$

$$B^1 = 0.139 - \frac{0.2}{(T_R)^{4.2}}$$

$$= 0.138099$$

$$\frac{B}{R} \times \frac{P_C}{T_C} = B^0 + \omega \times B^1$$

$$= 0.0259 + 0.2 \times 0.1381$$

$$= 0.0535428$$

$$Z = 1 + \frac{B \times P_C}{R} \times \frac{P_R}{T_C}$$

## Appendiks C Spesifikasi Alat

$$= \frac{1}{1 + \frac{R \times T_C}{T_R}} \times \frac{0.026}{3.491}$$

$$= 1.0004$$

Menghitung Density Feed (  $\rho$  )

$$\rho = \frac{P.BM}{Z.R.T} = 0.000539 \text{ gram/cm}^3 = 0.53912615 \text{ kg/m}^3$$

Data untuk menghitung  
viskositas gas

Komponen	A	B	C
CH3OH	- 14.236	0.389	-6.28E-05
N2	42.606	0.475	-9.88E-05
O2	44.224	5.62E-01	-1.13E-04
H2O	- 36.626	4.29E-01	-1.62E-05

Berdasarkan Yaws  
1999

Viskositas gas campuran

	Komponen	xi	$\mu$ (cP)	$\mu$ campuran ( $\mu \cdot xi$ )
	CH3OH	0.306909	277.8338097	85.2696325
	N2	0.559787	381.9826548	213.829086
	O2	0.130204	448.729423	58.4262402
	H2O	0.0031	325.5445102	1.00921682
	<b>Total</b>	<b>1</b>	<b>1434.0904</b>	<b>358.53418</b>

## Appendiks C Spesifikasi Alat

---


$$\mu = 0.0359 \text{ cP} = 0.086733 \text{ lb/ft.jam}$$

D. Laju Volumetrik Feed (V)

$$V = (Z.n.R.T)/P$$

$$\text{Laju feed} = \frac{185195.65}{(0.9923 \times 14701.5737 \text{ mol/det} \times 32.057 \text{ cm}^3(\text{atm})\text{mol}^{-1} \text{K} \times 723 \text{ K}) / 20 \text{ bar}} \text{ mol/jam} = 5$$

$$V = \frac{1107882.533}{1.1079} \text{ cm}^3/\text{det}$$

$$= 1107882.533 \text{ cm}^3/\text{det}$$

$$= 1.1079 \text{ m}^3/\text{det}$$

Menghitung kebutuhan katalis

Reaktor Fixed Bed menggunakan Katalis Ag dengan data sebagai berikut :

$$\text{Ag} = 1.28 \text{ g/cm}^3 = 1280 \text{ kg/m}^3$$

$$= 1.57 \text{ g/cm}^3 = 1570 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{rata-rata} = 1425 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Surface Area} : 45 \text{ m}^2/\text{g}$$

$$\text{Diameter (Dp)} : 0.2 \text{ cm} = \frac{0.2}{2} \text{ m}$$

$$\text{Void Fraction (e)} : 0.365$$

F Menghitung kebutuhan Katalis

$$\text{Residence time} = 1 \text{ s (wallas p595)}$$

## Appendiks C Spesifikasi Alat

$$\text{Kebutuhan katalis} = \frac{0.000277}{8} \frac{\text{liter katalis}}{\text{liter feed/jam}}$$

$$\begin{aligned} \text{Volum katalis} &= \text{kebutuhan katalis} \times \text{laju vol umpan} \\ &= 0.3077 \text{ l} = 3\text{E-}04 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Massa katalis} = 0.438537 \text{ kg}$$

### Menghitung Diameter dan Tinggi Reaktor

Asumsi liquid menempati 80% dari volume reaktor, maka

$$\begin{aligned} V_{\text{reaktor}} &= \frac{100}{80} \times (V_{\text{katalis}} + V_{\text{feed}}) \\ &= 1.25 \times 2.830612 \\ &= 3.5383 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Diambil  $L/D = 2$

Jadi :

$$\begin{aligned} V_{\text{reaktor}} &= 1/4\pi D^2 L \\ 3.54 &= 0.25 \times 3.14 \times 2 \times D^3 \\ D &= 1.31 \text{ m} = 51.62 \text{ in} \\ L &= 2.62 \text{ m} = 103.2 \text{ in} \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} \text{Diameter reaktor} &= 51.6 \text{ in} = 114 \text{ in} \\ \text{Tinggi reaktor} &= 103.23 \text{ in} = 8.603 \text{ ft} = 2.6 \text{ m} \end{aligned}$$

**\* Perhitungan tebal bejana (*Brownell*)**

## Appendiks C Spesifikasi Alat

$$\begin{aligned}
 P &= 110\% \times P = 1.3 \text{ atm} = 19.11 \text{ psia} \\
 D &= 114 \text{ in} \\
 f &= 20000 \text{ psia} \quad \text{Brownell,,Hal 252 untuk SA-182 Grade F tipe 310} \\
 E &= 1 \quad \text{(Tabel 13.2, Hal 254 untuk Double-welded butt joint)} \\
 C &= 0.25 \text{ in}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t_s &= \frac{pD}{2(fE - 0.6P)} + C \\
 &= \frac{19.11 \times 114}{2(20000 \times 0.8 - 0.6 \times 19.11)} \\
 t_s &= 0.32 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Dipilih :  $t_s = 2 \text{ in}$

### Perhitungan tebal tutup

Dipilih tutup : Elliptical Dished head karena P operasi > 200 psi (Brownel hal 88)

$$\begin{aligned}
 f &= 20000 \text{ psi} \quad \text{(Brownell,Appendiks D,Item 4,Hal 344 untuk SA-182 Grade F tipe 310)} \\
 E &= 1 \quad \text{(Tabel 13.2 hal 254 untuk double welded butt joint)} \\
 c &= 0.25 \text{ in} \\
 k &= a/b = 2
 \end{aligned}$$

Dipilih bentuk elliptical head menggunakan persamaan (7-56) dan (7-57) Brownell, Hal 133

$$(7-56) \quad : \quad V = \frac{(2 + 2^2)}{6} =$$

(7-57) :

$$t_h = \frac{pdV}{(2fE - 0.2p)} + c$$



## Appendiks C Spesifikasi Alat

$$= \frac{2 \times 19 \times 114 \times 1}{20000 \times 0.8 - 0.2 \times 19} + 0.25$$

$$= 0.31809564$$

Dipilih  $t_h = 2$  in

### Spesifikasi *tube*

Pemilihan diameter *tube* ditentukan berdasarkan ukuran butir katalis agar memberikan perpindahan panas yang maksimal. Berikut ini merupakan tabel hubungan antara  $D_p/ID$  dengan  $h_w/h$

$D_p/ID$	0.05	0.1	0.15	0.2	0.3	0.3
$h_w/h$	5.5	7	7.8	7.5	7	6.6

*Smith, J.I*

Dimana

$h_w$  = koefisien transfer panas untuk *tube* dengan bahan isian

$h$  = koefisien transfer panas untuk *tube* kosong

Agar memberi transfer panas yang optimum, dipilih

$$\frac{h_w}{h} = 7$$

$$\frac{D_p}{D} = 0.1$$

sehingga diperoleh

$$ID = \frac{0.0057}{0.1} \text{ m} = 0.06 \text{ m} = 2.244 \text{ in}$$

Dari Appendiks K *Brownell and Young*, dipilih *tube* dengan spesifikasi sebagai berikut :

NPS : 2 in = 0.0508 m

Sch. No : 40 ST 40S

## Appendiks C Spesifikasi Alat

OD	:	2.38	in	=	0.0603	m
ID	:	2.07	in	=	0.0525	m
Tebal	:	0.15	in	=	0.0039	m
Dp/ID	:	0.11				

Jumlah *tube*

$$A_c : 3.356 \text{ in}^2 = 0.023$$

$$Length : 10 \text{ ft}$$

$$n_t = \frac{V_1}{A_c \times l}$$

$$n_t = \frac{3.54}{0.02331 \times 10}$$

$$= 15.18 \text{ tube}$$

Fungsi	: Mereaksikan metanol fase vapor dan udara dengan bantuan katalis Ag
--------	--

Tipe	: Fixed bed multitube
Kapasitas	: 3.54 m <sup>3</sup>
Tipe sambungan	: Double welded but joint
Jenis tutup	: Elliptical head
Tinggi Reaktor	: 5,491 m
Tebal Reaktor	: 2 in
Tebal tutup	: 2 in
Jumlah	: 1 buah

---

***Waste Heat Boiler (E-201)***

Fungs: : Menurunkan temperatur bahan sebelum  
dimasukkan ke

Cooler dan sebagai penghasil steam

Jenis : Ketel pipa api

Bahan : *Carbon steel*

Data :

Uap jenuh yang dihasilkan bersuhu 150 °C

Dari *steam table, Smith, 1987*, diperoleh

kalor laten *steam* 1745,4 kJ/kg = 750,3988 Btu/lbm.

Total kebutuhan uap = 497,1969 kg/jam = 1096,1372  
lbm/jam

Perhitungan:

Menghitung Daya WHB

$w = 34,5 \text{ uP } u_{970,3}$

---

H

## Appendiks C Spesifikasi Alat

dimana:  $P$  = daya WHB, Hp

= kebutuhan uap, lb<sub>m</sub>/jam

H= kalor laten *steam*, Btu/lb<sub>m</sub>

Maka,  $\frac{1096,1372 \text{ u}750,3988}{24,5715 \text{ Hp}}$

34,5 u970,3

Menghitung Jumlah *Tube*

Luas permukaan perpindahan panas,  $A = P \square 10 \text{ ft}^2/\text{Hp}$

$24,5715 \text{ Hp} \square 10 \text{ ft}^2/\text{Hp}$

245,7151 ft<sup>2</sup>

Direncanakan menggunakan *tube* dengan spesifikasi:

Panjang *tube*,  $L = 12 \text{ ft}$

Diameter *tube* 2 in

- Luas permukaan pipa,  $a \square = 0,622 \text{ ft}^2/\text{ft}$

Sehingga jumlah *tube*,

$$N = \frac{A}{t} = \frac{245,7151}{32,92} = 33 \text{ buah}$$

### Cooler

Fungsi : Mendinginkan produk sampai suhu 80 C

Type : 1-2 shell and tube heat exchanger ( fixed tube)

Dasar pemilihan : Umum digunakan dan mempunyai range perpindahan panas yang besar

Dari nerca panas diperoleh

$$\begin{aligned} w \text{ bahan} &= 5493.208204 \text{ kg/jam} \\ &= 12107.03088 \text{ lb/jam} \\ Q \text{ dipakai} &= 74318.30218 \text{ kkal/jam} \\ &= 295043.6597 \text{ btu/jam} \\ w \text{ pendingin} &= 1442.837795 \text{ kg/jam} \\ &= 3180.014499 \text{ lb/jam} \\ \Delta T_1 &= 176-86 \\ &= 90 \text{ F} \\ \Delta T_2 &= 257-113 \\ &= 144 \text{ F} \\ \text{LMTD} &= \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}} \\ &= 114.9 \text{ F} \end{aligned}$$

Untuk 1-2 shell and tube, FT= 0.8, Kern 225

## Appendiks C Spesifikasi Alat

$$\begin{aligned}
 \Sigma T &= Ft \times \text{LMTD} \\
 &= 0.8 \times 114.89273 \\
 &= 91.91418387 & F \\
 &= 92 & F
 \end{aligned}$$

Tc dan tc ; dipakai temperatur rata-rata

$$TC = T_{av \text{ media}} = 100 \text{ F} ; tc = t_{av \text{ produk}} = 217 \text{ F}$$

Dipilih pipa ukuran 3/4 in OD, 16 BWG, 16 ft, 1-in square pitch

$$\begin{aligned}
 a &= 0.1963 \text{ ft}^2 \\
 \text{Asumsi} & \\
 UD &= 10 \text{ btu/j ft}^2 \text{ F} & \text{Kern table 8} \\
 A &= Q / (UD \times \Sigma T) \\
 A &= Q / (UD \times \Sigma T) \\
 &= \frac{295043.6597}{10 \times 92} \\
 &= 320.6996301 & \text{ft}^2 \\
 Nt &= A / L \times a \\
 &= \frac{320.6996301}{16 \times 0.1963} \\
 &= 102.1076255 \\
 &= 102 \text{ buah} & \text{Kern t. 8} \\
 \text{Tube} & \\
 \text{passes} &= 2 \\
 \text{ID shell} &= 37 \text{ in} \\
 \text{pitch} &= 1 \text{ in square} \\
 A \text{ baru} &= Nt \times L \times a \\
 &= 102 \times 16 \times 0.1963 \\
 &= 320.36 & \text{ft}^2
 \end{aligned}$$

## *Appendiks C Spesifikasi Alat*

UD baru	=	$Q/A \text{ baru} \times \Delta T$ $= 10.01055152 \text{ btu/j ft}^2 \text{ F}$
Shell passes Spesifikasi	=	1
Fungsi	:	Mendinginkan produk sampai suhu 80 C
Type	:	1-2 shell and tube heat exchanger ( fixed tube)
Tube	:	
OD	:	3/4 in; 16 BWG
Panjang:		16 ft
Jumlah tube, Nt	:	102
Passes	:	2
Shell	:	
ID	:	37 in
Passes	:	2
HE area:		321 ft <sup>2</sup>
Jumlah	:	1 buah'
Distilasi		
Fungsi	:	Memisahkan methanol dari formaldehyde
Type	:	Sieve tray Coloumn

## Appendiks C Spesifikasi Alat

Dasar pemilihan : Effisiensi pemisahan lebih tinngi Perawatan dan perbaikan yang lebih mudah

Dari perhitungan neraca massa dan panas

P ops	=	1	atm
T ops	=	180	C
BM camp	=	41.498	
R min	=	0.3617	
R operasi	=	0.5425	
<u>R-Rmin</u>	=	0.1172	
R+1			

		kmol	kg	lb
L	=	7.0713	225.579	497.176
V	=	20.106	641.393	1413.63
D	=	13.035	415.814	916.454
F	=	146.87	3319.85	7316.96

$$\rho_v = 0.8806$$

$$\rho_L = 55.3$$

Penentuan jumlah plate pada kondisi reflux minimumk

$$N_{\min} = 6 \text{ sd } 8 \quad \text{digunakan} \quad \text{Van Winkle}$$

$$N_{\min} = 8$$

$$\text{dengan} \quad \frac{R-R_{\min}}{R+1} = 0.11723$$



## Appendiks C Spesifikasi Alat

$$\text{didapat } \frac{N - N_{\min}}{N + 1} = 0.52$$

$$N = 17.75$$

$$\text{Plate teoritis, } N = 17.75$$

$$\text{Plate total} = 18$$

Karena menggunakan total kondensor dan partial reboiler

$$\text{Plate ideal} = 17 \text{ plate}$$

Dari Backhurst persamaan 4-16 untuk efisiensi plate

$$\begin{aligned} E_o &= N/N_t \\ &= 17/17.75 \\ &= 0.9577 \\ &= 95.775 \% \end{aligned}$$

maka jumlah

$$\begin{aligned} \text{plate act} &= 17/95.77\% \\ &= 0.1775 \\ &= 18 \text{ plate} \end{aligned}$$

Menentukan feed plate dengan metode kirikbide's geankopis

$$N_e/N_s = 8.407$$

$$N_e = 8.407 \times N_s$$

$$N_e + N_s = 18$$

$$8.407 N_s + N_s = 18$$

$$N_s = 1.91347$$

$$N_s = 2$$

Maka feed masuk pada plate ke 2

Perhitungan diameter distilasi

Perhitungan berdasarkan 80% flooding, VanWinkle

$$\frac{\rho_v}{L' \text{ bawah}} = \frac{\rho_L}{L + qF}$$

## Appendiks C Spesifikasi Alat

$$\begin{aligned}
 &= 497.176 + (0.8)7316.96 \\
 &= 6350.742715 \quad \text{lb} \\
 V' \text{ bawah} &= V + (1-q)F \\
 &= 1413.63 + (1-0.8) 7316.96 \\
 &= 2877.021229 \quad \text{lb} \\
 \text{rate } V; Q_v &= V/\rho_v \\
 &= 1413.16/0.886 \\
 &= 1605.3 \quad \text{cuft/jam} \\
 &= 0.44592 \quad \text{cuft/dt} \\
 \text{rate } V'; Q_{v'} &= V'/\rho_v \\
 &= 2877.02/0.886 \\
 &= 3247.2 \quad \text{cuft/jam} \\
 &= 0.902 \quad \text{cuft/dtk} \\
 P_f &= 0.019 \\
 P_f' &= 0.186 \\
 &\text{Digunakan spacing tray} \\
 &24 \\
 P_c &= 0.37 \\
 P_c' &= 0.28 \\
 &\text{Untuk flooding 80\% UVN} \\
 UVN &= 2.32 \quad \text{fps} \\
 UVN' &= 1.76 \quad \text{fps} \\
 AN &= Q_v/UVN \times 0.80 \\
 \text{Rate } V &= 0.4459 \quad \text{cuft/dtk} \\
 \text{Rate } V' &= 0.902 \quad \text{cuft/dtk} \\
 AN &= 5.6 \quad \text{ft}^2 \\
 AN' &= 10.8 \quad \text{ft}^2 \\
 &0.475 \\
 \text{Asumsi AD} &= A
 \end{aligned}$$

## *Appendiks C Spesifikasi Alat*

$$\begin{aligned}
 0.05 A &= AN(\text{Atas atau bawah}) \\
 A &= 112 \text{ ft}^2(\text{ atas}) \\
 A' &= 216 \text{ ft}^2(\text{bawah}) \\
 &A/(1/4 \times \pi)^{0.5} \\
 D &= \\
 &= 11.94 \text{ ft} \\
 D' &= A'/(1/4 \times \pi)^{0.5} \\
 &= 16.59 \text{ ft} \\
 \text{Diambil D rata rata} &= 12 \text{ ft} \\
 A &= ((D \times (\pi/4))^{0.5})^2 \\
 &= 113 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

### Persen Flooding

$$\begin{aligned}
 \text{Atas} &= \frac{Q_v/AN}{UVN} \\
 &= 3 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Bawah} &= \frac{Q_v'/AN}{UVN} \\
 &= 6 \%
 \end{aligned}$$

Digunakan tray dengan jenis crossflow pass

$$Ad, \text{ area downcomer} = 0.475 A$$

$$dh = \text{hole diameter} = 2/8 \text{ in} = 0.25 \text{ in}$$

$$p = \text{hole pitch} = 3 = 3 \times 0.25 = 0.75 \text{ in pitch}$$

$$hw = \text{weir length} = 1.5 \text{ in} = 1.5 \text{ in}$$

$$Lw/D = \text{weir length}/D = 0.70 ; Lw = 0.70 D$$

$$Ah/A = \text{hole area}/A = 0.06 ; Ah = 0.06 A$$

$$tp \text{ gage} = \text{plate thickness} = 12 \text{ gage} = 0.0825 \text{ in}$$

## Appendiks C Spesifikasi Alat

Dengan persen flooding terbesar, maka digunakan UVN'

Dimensi shell dan tutup  
Menentukan tebal minimum  
shell

$$t_{\min} = \frac{P \times r_i}{fE - 0.6P} + C \quad (\text{Brownell pers 13-1 hal 254})$$

dengan  
 $t_{\min}$  : tebal shell minimum (in)

P : Tekanan Tangki (psi)

$r_i$  : jari-jari tangki (in)  $1/2 D$

C : faktor korosi (in) digunakan  $1/8$  in

E : faktor pengelasan , digunakan double welded  $E = 0.80$

f : Stress allowable, bahan konstruksi Carbon steel SA-283  
grade C maka  $f = 12650$  psi ( Brownell T 13.1)

$$P_{\text{operasi}} = 1 \text{ atm} \quad (14.7 \text{ psi})$$

P design diambil 10% lebih besar dari P operasi ( faktor keamanan)

$$P_{\text{design}} = 1.1 \times 14.7$$

$$= 16.17 \text{ psi}$$

$$R = 1/2 D$$

$$= 1/2 \times (12 \times 12)$$

$$= 72$$

$$t_{\min} = \frac{33 \times 72}{(12650 \times 0.80) - (0.6 \times 33)} + 0.125$$

$$= 0.346 \text{ in} \quad t = 1/2 \text{ in}$$

Tutup standar dished dengan flange

## Appendiks C Spesifikasi Alat

Untuk D=144 in dengna, Brownell tabel 5.7 rc= 132

$$t_h = \frac{0.885 \times P \times r_c}{fE - 0.1P} + C \quad (\text{Brownell pers 13.12})$$

dengan

$t_h$  : tebal dishd minimum (in)

P : Tekanan Tangki (psi)

$r_c$  : crown radius (in)

C : faktor korosi (in) digunakan 1/8 in

E : faktor pengelasan , digunakan double welded E = 0.80

f : Stress allowable, bahan konstruksi Carbon steel SA-283  
grade C maka f= 12650 psi ( Brownell T 13.1)

$$P_{\text{design}} = 16.17 \text{ psi}$$

$$t_h = \frac{0.885 \times 16.17 \times 132}{(12650 \times 0.8) - (0.1 \times 16.17)} + 0.125$$

$$= 0.295 \text{ in ( 3/8 in)}$$

$$= r_c - (r_c^2 - D^2/4)^{0.5}$$

$$= 1.8 \text{ ft}$$

Liquid backup downcomer

$$HD = (\Delta HT + h_w + h_{ow} + \Delta/A + h_d) \times (1 / \phi_a)$$

$$HD = (\Delta HT + h_d) \times (1 / \phi_a)$$

$$h_d = 0.03 \times ( Ql/100 AD)^2$$

$$AD = \text{area downcomer} = 0.475 A = 53.675 \text{ ft}^2$$

$$h_d = 0.03 \times ( Ql/100Ad)$$

$$= 0.000001^{\wedge} \text{ in}$$

### Appendiks C Spesifikasi Alat

$$\begin{aligned}HD &= (\Delta HT + hd) \times (1 / \phi a) \\HD &= 3.13 + 0.000001 \times (1/\phi a) \\asumsi &= 0.5 \quad \text{maka} \quad HD = 3,14/0.5 \\&= 6.28 \text{ in}\end{aligned}$$

Perhitungan tinggikolom

$$\text{Plate/ tray spacing} = 24 \text{ in}$$

$$\text{tp gage} = \text{plate thickness} = 12 \text{ gage} = 0.0825 \text{ in}$$

$$\text{hw} = \text{weir height} = 1.5 \text{ in}$$

$$\text{tinggi tiap plate} = 24 + 0.08285 + 1.5 = 25.5825 \text{ in} = 2.2 \text{ ft}$$

$$\text{Jumlah plate} = 18 \text{ buah}$$

$$\text{H total plate} = 18 \times 2.2 = 39.6 \text{ ft}$$

$$\text{H liquid backup} = 6.28 \text{ in} = 0.6 \text{ ft}$$

$$\text{H top diseganging space} = 3 \text{ ft ( asumsi)}$$

$$\text{H bottom separator} = \underline{4 \text{ ft( asumsi)}} +$$

$$\text{H tangent line to tangent line} = 47.2 \text{ ft}$$

$$\text{H tutup atas dished} = 1.8 \text{ ft}$$

$$\text{H skirt support} = 4 \text{ ft ( asumsi)}$$

$$\text{H tangent line to tangent line} = \underline{47.2 \text{ ft}} +$$

$$\text{Tinggi total} = 53 \text{ ft}$$

SPesifikasi kolom distilasi

FUnsi : Memisahkan methanol dari produk

Type : Sieve tray coloumn

### *Appendiks C Spesifikasi Alat*

TEkana operasi : 16.17 psi

Bahan konstruksi : Carbon steel SA283 grade C ( Allowable  
stress = 12650 psi

Spesifikasi shell dan tutup

Shell OD : 12 ft = 144 in

Tebal shell : 1/2 in

Tebal tutup dished : 1/2 in

Tinggi tutup dished : 1.8 ft

Spesifikasi plate

Tray spacing : 24 in

Jumlah plate : 18 buah

Feed plate : plate ke 2

Tinggi tangent line to tangent line : 47.2 ft

Tinggi skirt support : 4 ft

Tinggi tutup dished : 1.8 ft

Tinggi total tangki : 53 ft

JUmlah : 1 buah

## Appendiks C Spesifikasi Alat

Condenser

Fungsi : Mengkondensasi bahan

Type : 1-2 shell and tube heat exchanger ( fixed tube)

Dasar pemilihan : Umum digunakan untuk mempunyai range perpindahan panas yang besar

Dari neraca panas diperoleh

w bahan	=	641.39267	kg/jam
	=	1413.6294	lb/jam
Q	=	257807.8	kkal/jam
	=	1019117.6	btu/jam
w pendingin	=	5005.158	kg/jam
	=	11031.368	lb/jam

$$\begin{aligned}
 \Delta T_1 &= 158-113 \\
 &= 45 \text{ } ^\circ\text{F} \\
 \Delta T_2 &= 86-86 \\
 &= 3.6 \text{ } ^\circ\text{F}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{LMTD} &= \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}} \\
 &= \frac{45 - 3.6}{\ln \frac{45}{3.6}}
 \end{aligned}$$



## Appendiks C Spesifikasi Alat

$$\begin{aligned}
 &= 16.39130953 \text{ F} \\
 &= 16.4 \\
 &\text{untuk 1-2 shell \& tube ,Ft=0.8 (KErn225)} \\
 \Delta T &= \text{Ft} \times \text{LMTD} \\
 &= 0.8 \times 16.4 \\
 &= 13.12
 \end{aligned}$$

Tc dan tc; dipakai temperatur rata-rata

$$T_c = T_{av}$$

$$\text{media} \quad 100 \text{ F}$$

$$t_c = t_{av}$$

$$\text{produk} \quad 124 \text{ F}$$

Dipilih pipa ukuran 3/4 in OD

$$16 \text{ BWG}$$

$$16 \text{ ft}$$

$$1 \text{ in square pitch}$$

$$a = 0.1963 \text{ ft}^2$$

$$\text{Asumsi : UD} = 300 \text{ btu/jft}^2\text{F}$$

$$A = Q / (\text{UD} \times \Delta T)$$

$$= 1019117.6$$

$$300 \times 16.4$$

$$= 258.9221545 \text{ ft}^2$$

$$= 259 \text{ ft}^2$$

$$N_t = A / L \times a$$

$$= 258.9221545$$

$$16 \times 0.1963$$

$$= 82.43828148$$

## *Appendiks C Spesifikasi Alat*

	=	90	tube
Digunakan Nt		90	tube
Tube			
passes	=	2	
ID shell	=	37	in
Pitch	=	1	in square
A baru	=	Nt x L x a	
	=	90 x 16 x 0.1963	
	=	282.7	ft <sup>2</sup>
	=	283	ft <sup>2</sup>
UD baru	=	Q/A baru x ΔT	
	=	274.5	Btu/j ft <sup>2</sup> F
Shell			
passes	=	1	
Spesifikasi			

Fungsii : Mengkondensasi produk pada suhu 32 C

Ttype : 1-2 shell and tube heat exchangger ( fixed tube)

Tube :

OD : 3/4 in, 16 BWG

panjang: 16 ft

Pitch : 1 in square

Jumlah tube : 90 tube

Passes : 2

Shell

ID : 37 in

## *Appendiks C Spesifikasi Alat*

Passes : 1

HE area: 283 ft

Jumlah : 1 buah

Reboiler

Reboiler

Fungsi : Menguapkan bahan pada suhu 72C

Type : 1-2 shell and tube heat exchanger ( fixed tube)

Dasar pemilihan : Umum digunakan untuk mempunyai range perpindahan panas yang besar

Dari nerca panas diperoleh

w bahan	=	92.58890177	
	=	2962.844857	kg
	=	6530.110064	lb
Q	=	1256813.762	kkal/jam
	=	4964414.361	btu/jam
w steam	=	2439.868431	kg/jam
	=	5377.470022	lb/jam
$\Delta T_1$	=	248-203	
	=	45	F
$\Delta T_2$	=	248-158	

## Appendiks C Spesifikasi Alat

$$= 90 \quad F$$

$$\begin{aligned} \text{LMTD} &= \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}} \\ &= \frac{64.921 \quad F}{65 \quad F} \end{aligned}$$

untuk 1-2 shell & tube ,Ft=0.8 (Kern225)

$$\begin{aligned} \Delta T &= F_t \times \text{LMTD} \\ &= 0.8 \times 65 \\ &= 52F \end{aligned}$$

Tc dan tc; dipakai temperatur rata-rata

$$T_c = T_{\text{av media}} \quad 248 \quad F$$

$$t_c = t_{\text{av produk}} \quad 181 \quad F$$

Dipilih pipa ukuran 3/4 in OD

16 BWG

16 ft

1 in square pitch

$$a = 0.1963 \quad \text{ft}^2$$

$$\text{Asumsi : UD} = 10 \quad \text{btu/jft}^2F$$

$$A = Q / (\text{UD} \times \Delta T)$$

$$= \frac{4964414}{5 \times 52}$$

$$= 954.695 \quad \text{ft}^2$$

$$N_t = A / L \times a$$

$$= \frac{954.695}{16 \times 0.1963}$$

$$= 303.966$$

$$\text{Digunakan } N_t = 310 \quad \text{tube}$$

## *Appendiks C Spesifikasi Alat*

	Tube			
	passes	=	2	
	ID shell	=	25	in
				in
	pitch	=	1	square
	Nt x L			
A baru	=	a		
		30040 x 16 x		
	=	0.1963		
	=	973.648	ft <sup>2</sup>	
UD baru	=	Q/ A baru .ΔT		
	=	98.0534		
	=	1 btu/jft <sup>2</sup> F		

### Spesifikasi

Fungsi : Menguapkan bahan pada suhu 72C

Type : 1-2 shell and tube heat exchanger ( fixed tube)

Tube :

OD : 3/4 in 16 BWG

Panjang : 16 ft

Pitch : 1 in square

Jumlah tube, Nt : 310

Passes : 1

Shell :

ID : 25 in

Passes : 1

### *Appendiks C Spesifikasi Alat*

HE area: 974 ft<sup>2</sup>

Bahan konstruksi: Carbon steel

Jumlah : 1 buah

# **BIODATA PENULIS**

## **PENULIS I**



Wahyu Hadi Wijaya. Dilahirkan di Pasuruan, 11 November 1996, merupakan anak ke-1 dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK Tubas Harapan, SDN Benowo 1/124, SMPN 26 Surabaya, dan SMAN 13 Surabaya. Setelah lulus dari SMAN 13 Surabaya tahun 2014, penulis mengikuti Seleksi Ujian Masuk D3 ITS dan diterima di Program Studi Departemen Teknik Kimia Industri

Fakultas Vokasi pada tahun 2014 dan terdaftar dengan NRP. 2314 030 012. Selama kuliah, penulis pernah aktif berorganisasi sebagai staf di Fuki AL Iqrom sebagai staff periode kepengurusan 2015/2016 dan 2016/2017 dan UKM Catur ITS sebagai staff departemen Internal .

Alamat email: [hadiwahyu36@yahoo.co.id](mailto:hadiwahyu36@yahoo.co.id)

## PENULIS II



Ega Erica Alan. Dilahirkan di Surabaya 23 Desember 1995, merupakan anak ke-1 dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK Soroja Surabaya, SDN kutisari 2 Surabaya, SMPN 35 Surabaya, dan MAN 1 Surabaya. Setelah lulus dari MAN 1 Surabaya tahun 2014, penulis mengikuti Seleksi Ujian Masuk D3 ITS dan diterima di Program Studi D3 Teknik Kimia FTI-ITS pada tahun 2014 dan

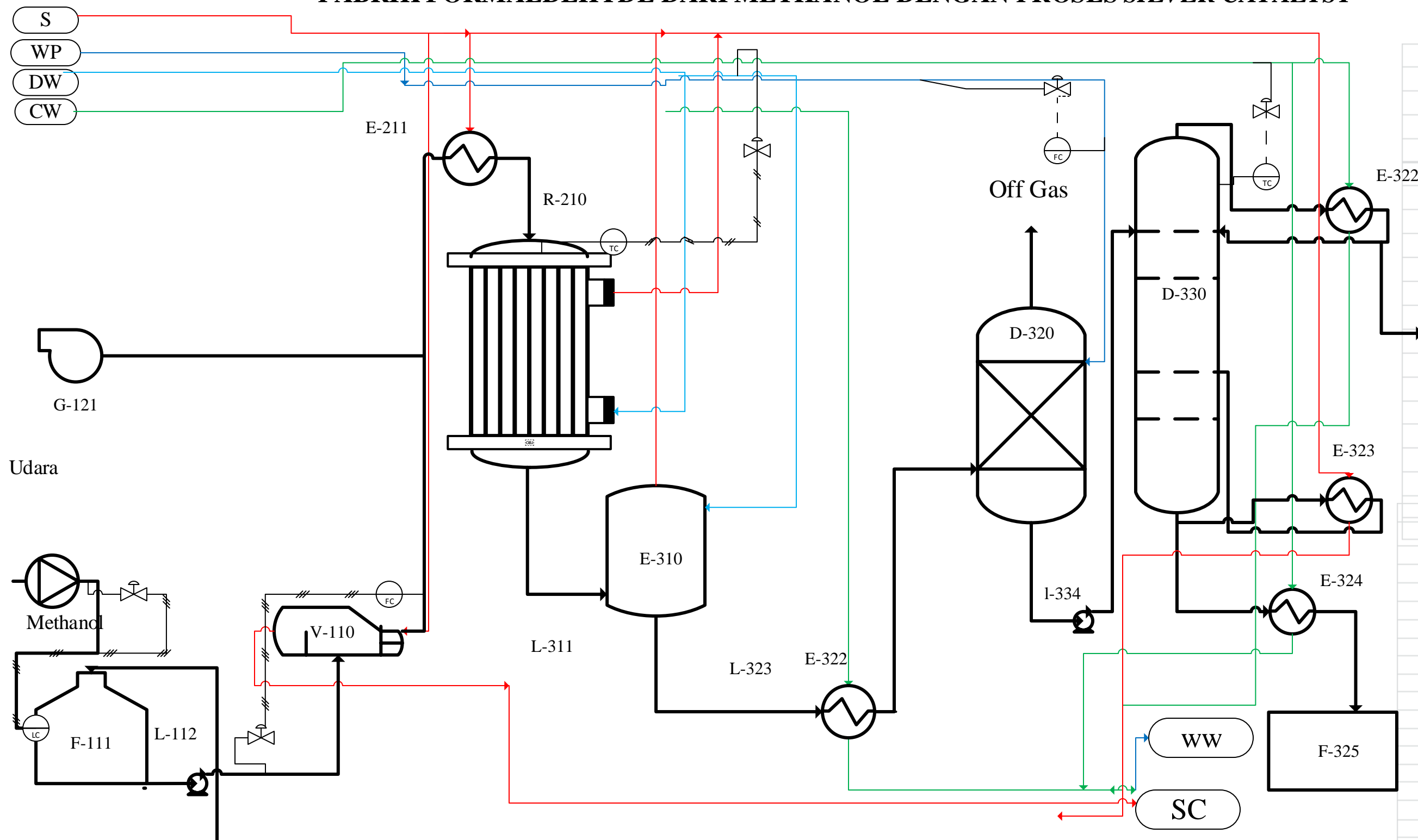
terdaftar dengan NRP. 2314 030 060.

Selama kuliah, penulis aktif berorganisasi di Himpunan Mahasiswa D3 Teknik Kimia dengan bergabung dalam department Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa (PSDM). sebagai staff periode kepengurusan 2015/2016 dan Sebagai Kepala Department periode 2016/2017.

Alamat email: [egaeric12@gmail.com](mailto:egaeric12@gmail.com)



# PABRIK FORMALDEHYDE DARI METHANOL DENGAN PROSES *SILVER CATALYST*



No	Kode	Nama Alat	Σ
1	F-111	Feed Tank	1
2	L-112	Pompa	1
3	V-110	Vaporizer	1
4	G-121	Blower	1
5	H-120	Air Scrubber	1
7	E-123	Heater	1
8	E-211	Super Heater	1
9	R-210	Reaktor	1
10	E-213	Cooler	1
11	D-310	Absorber	1
12	L-311	Pompa	1
13	L-321	Pompa	1
14	D-320	Distilasi	1
15	E-322	Cooler	1
16	E-323	Heater	1
17	E-324	Cooler	1
18	F-325	Storage Tank	1

Keterangan	
S	Steam
WP	Water Process
W	Water Waste
SC	Steam Condensat
CW	Cooling Water
DW	Demin Water
	Bahan Baku



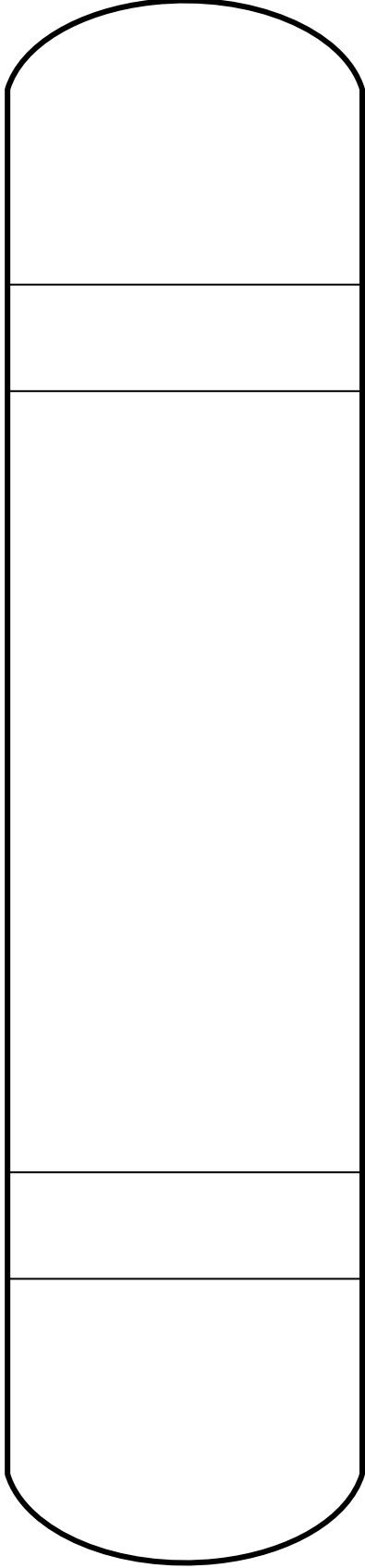
PROGRAM STUDI D3 TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2016

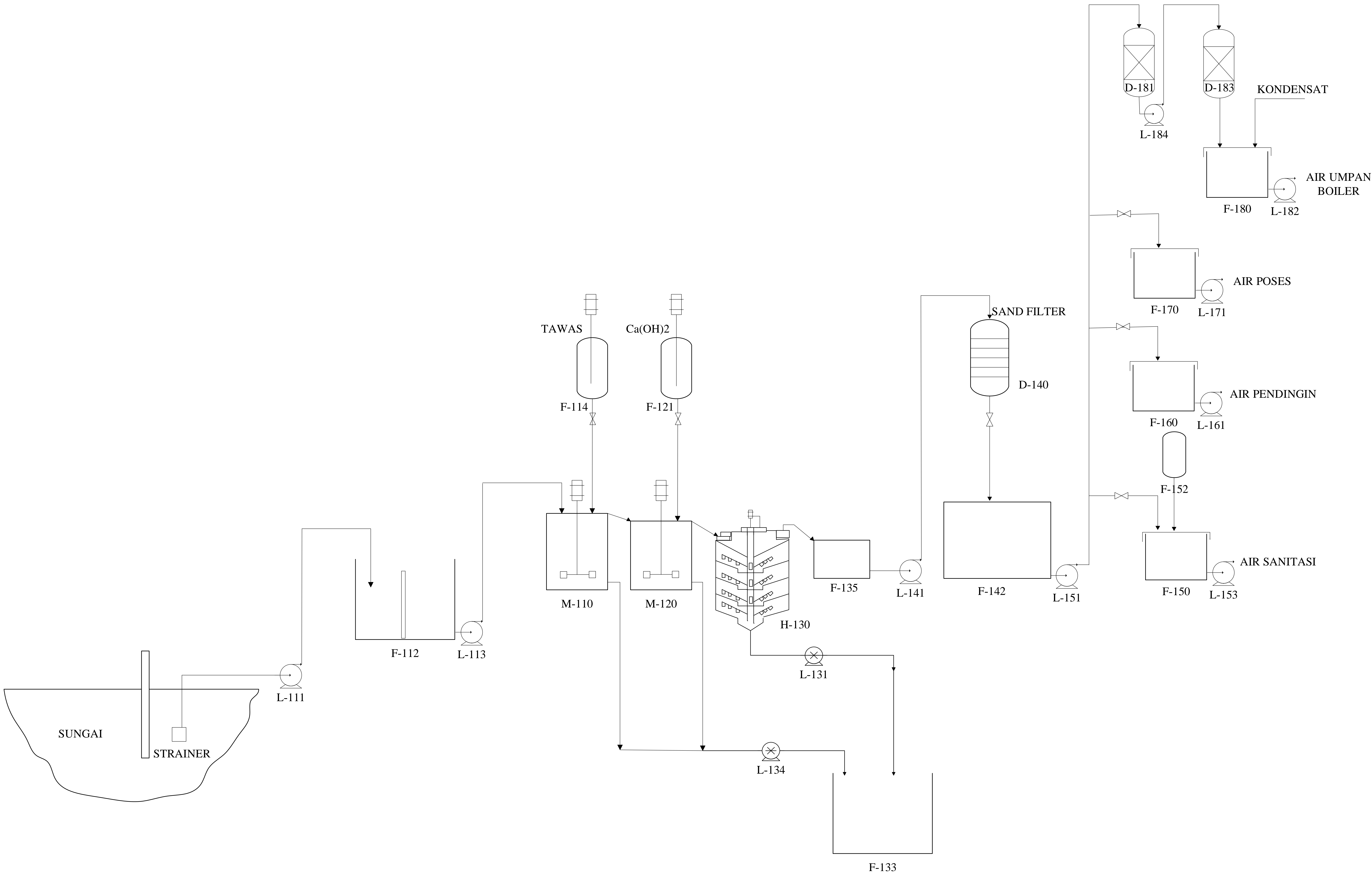
PABRIK *FORMALDEHYDE* DARI METHANOL DENGAN PROSES *SILVER CATALYST*

Dikerjakan oleh : Ega Erica Alan/ 2314030060

NAMA/ NRP : Wahyu Hadi Wijaya/2314030074


DOSEN  
PEMBIMBING Ir. Agung Subyakto,MS.





28	L-184	Pompa 5	1
27	D-183	Anion Exchanger	1
26	L-182	Pompa Air Umpan Boiler	1
25	D-181	Kation Exchanger	1
24	F-180	Tangki Penampung Air Reboiler	1
23	L-171	Pompa Air Proses	1
22	F-170	Tangki Penampung Air Proses	1
21	L-161	Pompa Air Pendingin	1
20	F-160	Tangki Penampung Air Pendingin	1
19	L-153	Pompa Air Sanitasi	1
18	F-152	Tangki Disinfektan	1
17	F-151	Pompa Air Jernih	1
16	F-150	Tangki penampung Air sanitasi	1
15	F-142	Bak Penampung Air Jernih	1
14	L-141	Pompa 4	1
13	D-140	Sand Filter	1
12	F-135	Tangki Penampung	1
11	L-134	Pompa 3	1
10	F-133	Penampung sludge	1

9	F-131	Pompa 2	1
8	H-130	Clarifier	1
7	F-121	Tangki Penampung Ca(OH)2	1
6	M-120	Tangki Flokulasi	1
5	F-114	Tangki Skimming	1
4	L-113	Pompa 1	1
3	F-112	Bak Penampung Air Sungai	1
2	L-111	Pompa Air Sungai	1
1	M-110	Tangki Koagulasi	1
No. Kode Peralatan		Nama Alat	Jumlah

	DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA INDUSTRI	
	FAKULTAS VOKASI	
	INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	
PABRIK FORMALDEHYDE DARI METHANOL DENGAN PROSES SILVER CATALYST		
Dikerjakan oleh :		
NAMA/ NRP :	Ega Erica Alan./2314030060	
	Wahyu Hadi Wijaya./2314030074	
DOSEN		
PEMBIMBING	Ir. Agung Subyakto M. S	